Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tübingen
Lehrbereich Physiologie I
Direktor: Professor Dr. med. E. Betz

AUSWIRKUNGEN EINES AUSDAUERTRAININGS AUF DIE HERZ – KREISLAUF – FUNKTION VON PATIENTEN MIT DEGENERATIVEN GELENKERKRANKUNGEN

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Theoretische Medizin)
der Eberhard - Karls - Universität
Tübingen

vorgelegt von

ERNST BEILHARZ
aus Baiersbronn

1982

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536519_0009

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Tübingen
Lehrbereich Physiologie I
Direktor: Professor Dr. med. E. Betz

AUSWIRKUNGEN EINES AUSDAUERTRAININGS AUF DIE HERZ – KREISLAUF – FUNKTION VON PATIENTEN MIT DEGENERATIVEN GELENKERKRANKUNGEN

INAUGURAL – DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Theoretische Medizin)
der Eberhard - Karls - Universität
Tübingen

vorgelegt von
ERNST BEILHARZ
aus Baiersbronn

1982

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Professor Dr. med. H. Haselmann
1. Berichterstatter:	Professor Dr. med. E. Betz
2. Berichterstatter:	Professor Dr. med. D. Jeschke

---

gedruckt bei Fa. H.- J. Köhler, Reprografischer Betrieb, Tübingen

Herrn Prof. Dr. med. E. Betz danke ich für die Beratung und freundliche Förderung meiner Arbeit.

Für die Überlassung des Themas und die hilfreiche Unterstützung danke ich Herrn Dr. med. B. Tschirdewahn. Er ermöglichte mir die Untersuchung von Patienten der Klinik für Rheumatologie und Rehabilitation, Bad Buchau.

Ich bedanke mich ferner bei Frau A. Schüle und Frl. K. Bott, die mir bei der experimentellen Durchführung meiner Arbeit behilflich waren.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 4

Untersuchungsgut und Methodik 6

Ergebnisse 11

Diskussion 14

Zusammenfassung 22

Abbildungen 23

Tabellen 33

Literatur 49

Einleitung

Im Therapieplan rehabilitativer und präventiver Gesundheitsmaßnahmen hat das körperliche Training einen festen Platz. Je nachdem, welche Funktionen wiedergewonnen, erhalten oder verbessert werden sollen, steht das Training von Koordination, Flexibilität, Kraft, Schnelligkeit oder Ausdauer im Vordergrund.

Für Menschen, die keine sportlichen Hochleistungen anstreben, besteht die präventive Bedeutung des Trainings in der Erhaltung und Förderung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Als Ziel eines solchen Trainings wird angesehen, denjenigen Krankheiten vorzubeugen, die überwiegend durch Mangel an Bewegung und körperlicher Arbeit bedingt sind. Diese Krankheiten manifestieren sich häufig am Herz-Kreislauf-System und haben für die heutige Morbiditätsstatistik eine hohe Bedeutung. Daher spielt die Prävention dieser Erkrankungen eine wichtige allgemeinmedizinische Rolle (5, 10, 11, 19, 20, 22, 23, 32).

Art und Durchführung eines Ausdauertrainings bei Menschen jenseits des 40. Lebensjahres werden sehr unterschiedlich gehandhabt (2, 11, 36). Das bedingt, daß ein Vergleich stark durch methodische Unterschiede der Trainingsart sowie der Überprüfung der Leistung - d. h. der Auswahl der Meßparameter - beeinträchtigt wird. Durch welche Art von körperlichem Training der Wiedergewinn einer normalen körperlichen Leistungsfähigkeit am sichersten erreicht werden kann, bleibt vorerst eine unbeantwortete Frage.

Die vorliegende Studie befaßt sich mit einem Kollektiv von Patienten der Klinik für Rheumatologie und Rehabilitation, Bad Buchau. Patienten dieser Klinik führen in der Regel ein vier- bis sechswöchiges Heilverfahren durch. In diesem sollen mit vorwiegend physiotherapeutischen Maßnahmen Schäden am Stütz- und Bewegungsapparat beseitigt und deren Auswirkungen gemindert werden.

Die verordneten Maßnahmen dienen in erster Linie der Verbesserung von Flexibilität, Kraft und Koordination. Um eine Verbesserung der allgemeinen aeroben Ausdauer von untrainierten Normalpersonen zu erreichen, genügt nach Hollmann (37, 12 S. 455 ff) bereits ein 3 mal wöchentliches Training zu je 5 Minuten bei einer Pulsfrequenz von 150 - 160/min. Ein größerer Trainingseffekt läßt sich bei einer Zeitspanne von täglich 10 bis 30 min Lauftraining bei einer Pulsfrequenz zwischen 130 und 150 pro min erzielen, wobei die Gesamtdauer des Trainings wenigstens 3 Wochen betragen sollte.
Im Rahmen dieses Heilverfahrens, das eine rehabilitative Funktion erfüllt, wird als Präventivmaßnahme ein Herz-Kreislauf-Training durchgeführt. Die untersuchten Personen sind ausschließlich untrainierte Patienten mit degenerativen Gelenkerkrankungen. Da während

des Heilverfahrens nur eine bestimmte Zeit zur Verfügung steht, muß das Training sowohl für den Träger der Klinik als auch für den Patienten hinsichtlich des Aufwandes ökonomisch sein und bestimmten Anforderungen genügen. Das Training in der durchgeführten Form ist auf allgemeine, aerobe Mittelzeitausdauer ausgerichtet und durch den Einsatz einer Muskelmasse von mehr als 1/7 bis 1/6 der gesamten Skelettmuskulatur und einer Beanspruchungsdauer von 30 min charakterisiert (12).

Im Anschluß an dieses Training soll eine Aussage getroffen werden, inwieweit sich eine Verbesserung der aeroben Kapazität der Probanden sowie eine Veränderung der Selbsteinschätzung ihres Krankheitsgefühls ergeben.

Es wird die Frage diskutiert, ob sich diese primär das Herz-Kreislaufsystem beeinflussende präventive Maßnahme im Rahmen eines vier- bis sechswöchigen Heilverfahrens in einer Rheuma-Klinik durchführen läßt und welche Ergebnisse, auch im Hinblick auf die Motivation der Patienten zur Leistungsverbesserung, dabei gewonnen werden können.

Untersuchungsgut und Methodik

Die Untersuchungen wurden an 39 männlichen Patienten im Alter zwischen 40 und 59 Jahren durchgeführt. Die Patienten hatten sich für dieses Programm freiwillig zur Verfügung gestellt. Die Unterteilung in Kontroll- und Trainingsgruppe wurde folgendermaßen vorgenommen:

Nach einer groben Voruntersuchung aller neu angekommenen Patienten im Alter zwischen 40 und 59 Jahren wurden nur diejenigen für das Trainingsprogramm ausgewählt, welche nicht so behindert waren, daß ihnen die geforderte Belastung nicht zugemutet werden konnte, d.h. sie waren von der sportlichen Tauglichkeit her geeignet. Aus diesem Kollektiv erfolgte dann in der Reihenfolge der Anmeldungen für die Kur alternierend eine Zuteilung in die Kontroll- bzw. die Trainingsgruppe.

Vor Aufnahme in das Trainingsprogramm wurden klinische, elektrokardiographische und röntgenologische Untersuchungen durchgeführt. Ziel der Untersuchungen war, Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems sowie der Gelenke der unteren Extremitäten auszuschließen. Dadurch war gewährleistet, daß nur solche Patienten in die Studie aufgenommen wurden, die entweder Erkrankungen der Wirbelsäule oder der oberen Extremitäten hatten.

In der Tabelle 1 sind Alter, Körpergewicht und Größe der Versuchspersonen dargestellt.

Von den 39 Patienten absolvierten 21 ein dreiwöchiges Fahrradergometertraining (Trainingsgruppe). Ursprünglich befanden sich in der Trainingsgruppe 23 Probanden, von denen jedoch im Verlauf des Trainings 2 wegen Gelenkbeschwerden ausfielen. 18 Probanden (Kontrollgruppe) verbrachten einen normalen Kuraufenthalt, bei dem Spaziergänge erlaubt waren, aber keine stärkere körperliche Belastung gefordert wurde.

Alle Versuchspersonen erhielten während der gesamten Aufenthaltsdauer täglich ihre Kuranwendungen, die in Massagen, medizinischen Bädern, Moorbädern und Gymnastik bestanden.

Vor Beginn der Studie wurden zahlreiche Vorversuche durchgeführt, um ein optimales Belastungsprogramm für die Untersuchung herauszufinden. Dies sah folgendermaßen aus:

Die Anfangsbelastung betrug 30 Watt/m^2 Körperoberfläche (KO). Dann wurde die Belastung stufenweise um 20 W/m^2 KO bis auf 70 W/m^2 KO erhöht. Die Dauer jeder Belastungsstufe wurde auf 4 min festgelegt.

Nach diesen 3 Stufen folgte in jedem Falle eine Pause von 4 min. Die Belastung wurde danach auf der Belastungsstufe von 90 W/m^2 KO fortgesetzt und - sofern möglich - in Stufen von 10 W/m^2 KO bis zur Erschöpfung gesteigert.

Die Abbildung 1 soll die geschilderte Methode verdeutlichen.

Der Ablauf der Erst- und Abschlußuntersuchung war für beide Gruppen identisch. Beide Untersuchungen eines jeden Probanden wurden zur gleichen Tageszeit durchgeführt. Die Probanden beider Gruppen erhielten vor jeder Untersuchung, die grundsätzlich vormittags stattfand, keine Medikamente und Kuranwendungen.

Vor Beginn der Untersuchung ruhte der Patient 15 min liegend im Untersuchungsraum, in dem eine konstante Temperatur von 20° C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % eingehalten wurde. In dieser Zeit wurde er über den Verlauf der Untersuchung aufgeklärt. An jedem Untersuchungstag wurde der jeweils vorliegende Barometerdruck registriert, um die in BTPS (Body Temperature Pressure Saturated) gemessenen spirographischen Werte in STPD (Standard Temperature Pressure Dry) -Bedingungen umrechnen zu können.

Anfangs- und Enduntersuchung wurden am liegenden Probanden durchgeführt. Sie erfolgten an einem zwischen 45 und 75 Umdrehungen/min drehzahlunabhängigen, elektrisch gebremsten Fahrradergometer (Firma Elema-Schönander, Typ EM 369 No 1120, Solna, Schweden).

Vor, während und nach der Belastung wurden folgende Parameter des kardiopulmonalen Systems fortlaufend registriert, wobei nur die Werte der jeweils letzten Arbeitsminute pro Belastungsstufe zur Auswertung gelangten:

a) Herzfrequenz/min (HF), gemessen aus jeweils 10 RR-Abständen im EKG

b) Sauerstoffaufnahme/min im offenen System mittels des magnetischen Sauerstoffanalysators OXYTEST S (Firma Hartmann & Braun AG, Frankfurt)

c) CO_2-Abgabe/min mit dem Infrarot-Gasanalysator URAS MT (Firma Hartmann & Braun AG, Frankfurt)

d) Atemminutenvolumen AMV (1/min)
Dieses wurde mit einem Pneumotachographen (Firma Godart-Statham, Bilthoven/Holland) über einen Meßkopf nach Fleisch, an den der Patient über einen Schlauch angeschlossen war, gemessen.

Geeicht wurde der Pneumotachograph mit einer Pumpe, die einen Meßbereich bis zu einem Volumen von 100 l zuließ (Firma Godart-Statham, Bilthoven/Holland).

Sämtliche Atemwerte konnten über einen Digitalanzeiger abgelesen werden, wobei sie zusätzlich noch auf einem Papierschreiber (Firma Kienzle, Villingen) registriert wurden.

e) Systolischer und diastolischer Blutdruck
Dieser wurde unblutig nach RIVA ROCCI in Ruhe (jeweils 4 und 2 min vor Belastungsbeginn) und 20 sec vor Ende jeder Belastungsstufe gemessen.

Da der Proband bei der Untersuchung bis zur submaximalen bzw. maximalen Leistungsfähigkeit ausbelastet wurde, war eine Kontrolle des EKG (Multiscriptor EK 27, Firma Hellige) erforderlich. Dabei wurden die Thoraxableitungen V_2, V_4 und V_6 nach Wilson in Verbindung mit den Extremitätenableitungen verwendet.

Aus den Meßgrößen wurden folgende Parameter der kardiopulmonalen Kapazität berechnet:

f) Maximaler O_2-Puls (ml/Puls)

g) Relative VO_2 max (ml/min/kp KG)

h) Prozentualer Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert der letzten Belastungsstufe auf den Wert der vierten Minute nach Belastung ($\triangle$ HF)

Weiterhin wurden aus den gemessenen Werten ermittelt:

1. Physikalische Arbeitskapazität
(Physical Working Capacity PWC 170)
Für jeden Probanden wurde in einem Diagramm die Herzfrequenz gegenüber der zugehörigen Wattzahl aufgezeichnet, wobei für die Steigung der Geraden nur die ersten 3 Meßpunkte berücksichtigt wurden. Durch graphische Extrapolation wurde die einer Herzfrequenz von 170/min entsprechende Wattzahl ermittelt.

2. l O_2-Puls-Relation
Entsprechend wurde die Sauerstoffaufnahme auf den jeweiligen Belastungsstufen bei definierter Herzfrequenz als l O_2-Puls-Relation ermittelt.

Aus den Diagrammen lassen sich für jeden Probanden durch Vergleich

zwischen Erst- und Abschlußuntersuchung die Veränderungen der Belastbarkeit bzw. der Sauerstoffaufnahme ermitteln, was in den Abb. 4 und 5 beispielhaft dargestellt ist.

Die nachstehende Tabelle faßt das Meßprogramm während der Untersuchung zusammen.

Tab. 2 Meßwerte, die bei jeder Versuchsperson während der Untersuchung aufgenommen wurden.

Meßgröße	Maßeinheit
Herzfrequenz	Pulszahl/min
Blutdruck	mm Hg
O_2-Aufnahme	l/min
CO_2-Abgabe	l/min
Atemminutenvolumen	l/min

Als Kriterien für den Abbruch der ergometrischen Untersuchung waren vorgegeben (11):

A) Objektive:

1) Überschreitung eines systolischen Blutdrucks von 250 mm Hg
2) Auftreten von ST-Senkungen im EKG von mehr als 0, 2 mV
3) Mit der Belastungsstufe zunehmende Herzrhythmusstörungen

B) Subjektive:

1) Kopfschmerz oder Schwindel
2) Schmerzen in den Gelenken der unteren Extremitäten
3) Ermüdungsgefühl in den Beinen

Am Ende jeder Untersuchung wurde nach dem subjektiven Eindruck des Untersuchers die Mitarbeit jedes Probanden während der Untersuchung bewertet, wobei die Kriterien

- sehr gut
- willig
- unwillig

zugrundegelegt wurden.

Am Ende der Abschlußuntersuchung wurde der Patient gefragt, wie sein Befinden hinsichtlich der Gelenkbeschwerden im Vergleich zur Erstuntersuchung war. Hierfür wurden folgende fünf Bewertungskriterien verwendet:

- Patient fühlt sich wesentlich gebessert
- Patient fühlt sich leicht gebessert
- Patient fühlt sich gleich wie nach der Erstuntersuchung
- Patient fühlt sich wenig schlechter
- Patient fühlt sich wesentlich schlechter

Für die Trainingsgruppe folgte nach der Erstuntersuchung ein dreiwöchiges Training, welches aus 18 Trainingseinheiten bestand. Trainiert wurde sechsmal wöchentlich von Montag bis Samstag zwischen 14.00 Uhr und 18.00 Uhr.

Nach 18 Trainingstagen erfolgte dann die Abschlußuntersuchung. Eine Trainingseinheit bestand aus 30 min, welche in zweimal 15 min aufgeteilt wurde. Dazwischen war eine 15-minütige Pause. Jedes Training begann mit einer etwa 4 min dauernden Aufwärmphase. Während dieser wurde der Tretwiderstand langsam vergrößert, bis sich schließlich eine Pulsfrequenz zwischen 130 und 150/min einstellte. Dabei mußte am Ergometer eine konstante Drehzahl eingehalten werden (Ergometer der Firma Mijnhardt, Holland). Die Pulsfrequenzkontrolle erfolgte mittels Palpation durch den Untersucher und anhand des EKG. Falls die Frequenz über 150/min oder unter 130/min betrug, wurde die Belastung entsprechend geändert.

Zur Kontrolle der elektrischen Herzfunktion während des Trainings wurden den Patienten 3 Klebeelektroden als bipolare Brustwandableitungen am Thorax angelegt. Das EKG gelangte über einen Telemetriesender (Telecust 36, Firma Siemens) auf einen Empfänger und von dort auf ein Großbild-Oszilloskop (Firma Knott-Elektronik, München). An dieses angeschlossen war noch ein EKG-Papierschreiber zur zusätzlichen Kontrolle von Herzfunktion und Pulsfrequenz (Simpliscriptor T 20, Firma Hellige).

In der statistischen Auswertung wurden mit Hilfe des U-Tests von Wilcoxon, Mann und Whitney für die verschiedenen Parameter jeweils zwei unabhängige Stichproben auf die Gleichheit ihrer Mittelwerte geprüft. Dieser Test hat gegenüber dem t-Test den Vorteil, daß er verteilungsunabhängig und unempfindlich für Varianzunterschiede ist. Da nicht von vornherein die Richtung eines vermutlichen Größenunterschiedes der Mittelwerte der beiden Meßreihen als bekannt vorauszusetzen ist, wurde der Test zweiseitig durchgeführt. Als Maßzahl wurden nur die Paardifferenzen der Meßwerte von Anfangs- und Enduntersuchung jeweils innerhalb der beiden Stichproben verwendet, unabhängig davon, ob sich die mittleren Ausgangswerte der beiden Gruppen unterscheiden. Den Signifikanzprüfungen nach dem U-Test wurde jeweils eine Irrtumswahrscheinlichkeit von ≤ 5 % zugrundegelegt (35).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen von Kreislauf und Atmung für den einzelnen Probanden sind in den Tabellen 3 bis 5 dargestellt. Die Mittelwerte der verschiedenen Untersuchungen mit den jeweils zugehörigen Signifikanzprüfungen sind sowohl für die Ruheausgangslage als auch bei submaximaler, identischer Belastung und der maximal erreichten Belastungsstufe in den Tabellen 6 bis 9 aufgeführt.

1.) Herzfrequenz

a) Die Herzfrequenz in Ruhe nahm nach 18 Trainingseinheiten bei der Trainingsgruppe um durchschnittlich 5 Schläge/min ab. Beim statistischen Vergleich mit der Kontrollgruppe konnte jedoch keine signifikante Änderung nachgewiesen werden, wobei in der Kontrollgruppe ein Abfall von 3 Schlägen/min vorhanden war (Tab. 6).

b) Die maximale Herzfrequenz, die auf der höchsten Belastungsstufe erreicht wurde, blieb bei beiden Gruppen unverändert (Tab. 5).

c) Die Herzfrequenz bei identischer, von allen Probanden erreichter Belastungsstufe erfuhr zwar bei den Probanden der Trainingsgruppe einen durchschnittlichen Abfall um 6 Schläge/min und bei der Kontrollgruppe um 3 Schläge/min, im statistischen Vergleich zeigte sich auch hier keine signifikante Änderung (Tab. 7).

d) Der prozentuale Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert der letzten Belastungsstufe auf den Wert der vierten Minute nach Belastung ($\triangle$ HF) betrug bei der Trainingsgruppe am 1. Untersuchungstermin 34 % und am 2. Untersuchungstermin 39 %, bei der Kontrollgruppe lagen die entsprechenden Werte gleichbleibend bei jeweils 36 % (Tab. 5 und 8).

2.) Blutdruck

a) Bei der Trainingsgruppe zeigte sich eine Abnahme des systolischen Blutdrucks in Ruhe um durchschnittlich 8 mm Hg, was einem Abfall von 6 % entspricht. In der Kontrollgruppe war eine geringe Zunahme des mittleren Wertes vorhanden. Der statistische Vergleich erbrachte eine signifikante Änderung des Mittelwertes für die Trainingsgruppe (Tab. 6 und Abb. 2).

b) Im Verhalten des Blutdrucks auf identischer, von allen Probanden erreichter Belastungsstufe konnte eine statistisch gesicherte Abnahme bei der Trainingsgruppe nachgewiesen werden. Hier fiel der systolische Wert im Mittel um 12 mm Hg, bei der Kontrollgruppe nahm er geringfügig zu (Tab. 7).

3.) Sauerstoffaufnahme, maximaler O_2-Puls

a) Die Sauerstoffaufnahme in Körperruhe betrug bei der Trainingsgruppe 193 ml pro Minute, bei der Kontrollgruppe 209 ml pro Minute. Nach Abschluß des Trainings erhöhte sie sich bei der Trainingsgruppe um durchschnittlich 13 ml, während sie bei der Kontrollgruppe um 8 ml abnahm (Tab. 6).

b) Bei identischer Belastung ergab sich für die Sauerstoffaufnahme keine den natürlichen Fehler übersteigende Änderung (Tab. 7).

c) Ein deutlicher, statistisch gesicherter Anstieg um 11,5 % war in der Trainingsgruppe für die maximale Sauerstoffaufnahme nachzuweisen, der maximale Sauerstoffpuls erhöhte sich ebenfalls um 12,2 %. Für die Kontrollgruppe ergaben sich hier nur geringfügige, nicht signifikante Änderungen.
Die relative maximale Sauerstoffaufnahme erfuhr einen deutlichen Anstieg, der ebenfalls statistisch gesichert werden konnte (Tab. 8).

4.) Atemminutenvolumen

Sowohl für die Ruhewerte als auch für die Werte auf identischer Belastungsstufe konnte keine statistisch verwertbare Differenz nachgewiesen werden (Tab. 6 und 7).

Die wichtigsten Veränderungen der Werte während der Belastung sind in den Abb. 2 und 3 graphisch dargestellt.

5.) Physical Working Capacity (PWC 170)

Die graphische Ermittlung von Veränderungen der PWC 170 ergab für die Trainingsgruppe einen durchschnittlichen Zuwachs der Belastbarkeit von 26 Watt pro Proband nach 18 Trainingseinheiten (Abb. 4), während bei der Kontrollgruppe mit 0,8 Watt pro Proband keine wesentliche Erhöhung festzustellen war.

6.) 1 O_2-Puls-Relation

In der 1 O_2-Puls-Relation zeigte sich für eine Pulsfrequenz von 170/min bei der Trainingsgruppe ein durchschnittlicher Zuwachs von 0,22 1 O_2 pro Proband (Abb. 5), bei der Kontrollgruppe eine Reduktion von 0,02 1 O_2 pro Proband.

7.) In einer weiteren Darstellung sind die Mittelwerte von systolischem Blutdruck und Herzfrequenz bei verschiedenen Belastungsstufen für die Trainings- und Kontrollgruppe bestimmt und graphisch aufgezeichnet (Tab. 9 und Abb. 6 und 7). Dabei ergab sich bei der Trainingsgruppe sowohl für die durchschnittlichen Werte des systolischen Blutdrucks als auch für die Werte der Herzfrequenz eine deutliche Abnahme nach der Trainingsperiode, während die Kurve bei der Kontrollgruppe keine wesentliche Änderung aufwies. Aus dieser graphischen Darstellung läßt sich auch hier für die Trainingsgruppe ein Trainingseffekt nachweisen.

Die Mitarbeit der Probanden während jeder Untersuchung wurde nach dem subjektiven Eindruck des Untersuchers bewertet. Außerdem wurden vom Untersucher die von den Probanden subjektiv empfundenen Veränderungen ihrer Beschwerden am Bewegungsapparat seit der Erstuntersuchung registriert (Tab. 10 und Abb. 9).

Aus der Tabelle 10 ist ersichtlich, daß die Mitarbeit der Probanden in beiden Kollektiven in der Mehrzahl als "willig" bis "sehr gut" eingestuft wurde, wobei die Einschätzung "sehr gut" bei der Trainingsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe prozentual höher ist.

In der Selbsteinschätzungsskala (Tab. 10 und Abb. 10) zeigt sich eine subjektiv empfundene leichte bis wesentliche Besserung der Beschwerden bei 81 % der Patienten, die ein Training absolviert hatten. Nur 4 Patienten (19 %) fühlten sich gleich wie zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung, keiner gab eine Verstärkung seiner Beschwerden an.

Im Vergleich der obigen Befunde mit der Kontrollgruppe beträgt der Anteil der Patienten, die eine leichte bis wesentliche Besserung ihrer Krankheitssituation angaben, zwar noch 38 %, jedoch fühlten sich nur zwei davon wesentlich gebessert, während in der Trainingsgruppe dieses Kriterium auf fast die Hälfte des Kollektivs zutraf. Somit konnte bei der Mehrheit des Kontrollkollektivs nur ein Gleichbleiben bzw. eine Verstärkung der Beschwerden registriert werden.

Diskussion

Zunächst soll auf einige den Untersuchungs- und Trainingsablauf betreffende Aspekte eingegangen werden.

Wie in der Methodik schon kurz erwähnt, werden in der Literatur (12, 26) verschiedene Belastungsverfahren vorgeschlagen. Mellerowicz (26) empfiehlt für kreislaufgesunde Personen einen Belastungsbeginn mit 50 Watt, um dann alle 2 min jeweils in Stufen von 25 Watt bis in den Grenzbereich zu steigern.

Nachstehend ist die Standard-Test-Methode nach Hollmann und Venrath (1961) dargestellt (12, S. 385).

Beginnend mit einer Belastungsstufe von 30 Watt wird die Belastungsintensität nach einer Arbeitsdauer von 3 min auf jeder Belastungsstufe um stets 40 Watt bis in den Grenzbereich der Leistungsfähigkeit gesteigert.

Die Abbildung 8 verdeutlicht das beschriebene Verfahren.

Die vom Verfasser gewählte Methode entspricht ebenfalls dem Maximaltest mit ansteigender Belastung (26). Dabei zeigten die Vorversuche, daß die Leistungsfähigkeit der Probanden bei Belastung in einem Durchgang nicht so groß war wie nach der zwischengeschalteten kurzen Pause. Für die Belastung nach der Pause gelangten nur diejenigen Meßdaten zur Auswertung, die sich nach mindestens einer 4 min lang getretenen Belastungsstufe von 90 W/m^2 KO ergaben. Falls vorher ein Abbruch der Untersuchung erfolgte, wurden die Meßergebnisse der maximal erreichten Belastungsstufe vor der Pause verwertet. Da bei mindestens 4 min ununterbrochen geleisteter Tretarbeit der Anteil aerober Arbeit über den Anteil anaerober Arbeit dominiert, kann die systematisch eingebaute Pause akzeptiert werden (12).
Ein weiterer Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß in der kurzen Pause der Untersucher die Versuchspersonen noch zusätzlich zur Leistungssteigerung motivieren konnte.

Die graphische Ermittlung der PWC 170 erfolgte anhand der drei ersten Meßpunkte für 30, 50 und 70 W/m^2 KO, die nach Mellerowicz (26) für die Steigung der Geraden entscheidend sind. Weiterhin ist für die lineare Beziehung zwischen der Herzfrequenz und der entsprechenden Belastungsstufe und damit für die Ermittlung der PWC 170 unerheblich, welche zeitlichen Intervalle bei den verschiedenen Belastungsstufen zugrundegelegt werden. Nach mehreren Untersuchungen (3, 38) ergaben sich bei der Wahl unterschiedlicher zeitlicher Intervalle annähernd dieselben Ergebnisse für die PWC 170 und die kardiopulmonale Kapazität.

Zur Begründung, warum die Belastung auf die Körperoberfläche und nicht auf das Körpergewicht bezogen wurde, verweise ich auf Untersuchungen von Kaltenbach und Kobler (1964). Hier war bei Belastung verschieden gewichtiger, männlicher Probanden mit einer Leistung proportional zur Körperoberfläche der Anstrengungsgrad in allen Gruppen gleich, während bei Bezug der Leistung proportional zum Körpergewicht unterschiedliche Anstrengungsgrade vorhanden waren (18). Die Berechnung der Körperoberfläche als Näherungsmaß der fettfreien Körpermasse bzw. der Zellmasse des Körpers ergibt sich aus der Formel von Du Bois und Du Bois (6).

Aus den gewonnenen Meßergebnissen erhebt sich die Frage, warum bei einem Teil des Gesamtkollektivs keine maximale Ausbelastung während der Untersuchung möglich war. Der Grund liegt darin, daß nach einer bestimmten Zeit während der Untersuchung Beschwerden im Bewegungsapparat auftraten, die einen negativen Einfluß sowohl auf die Leistungsbereitschaft als auch auf die Leistungsfähigkeit ausübten. Dies muß als begrenzender Faktor für die Leistungskapazität berücksichtigt werden.
Die Untersuchung zeigte außerdem, daß bei den meisten Probanden, bei denen die Gelenkbeschwerden nicht im Vordergrund standen, andere Mißempfindungen wie Muskelschmerzen der Beine, Ermüdung und Schwindel für die vorzeitige Beendigung der Untersuchung verantwortlich waren. Andererseits waren nur bei 12 (31 %) der insgesamt 39 Probanden objektive Kriterien für den Abbruch der ergometrischen Untersuchung entscheidend, wobei ausschließlich die Überschreitung eines systolischen Blutdrucks von 250 mm Hg begrenzend war. Andere Veränderungen, die als objektiv leistungsbegrenzend gewertet wurden wie z. B. ST-Senkungen oder Herzrhythmusstörungen, traten während der Untersuchung nicht auf.

In der vorliegenden Studie wurde als Trainingsart ein mehrwöchiges Training auf Standfahrrädern ausgewählt. Diese Trainingsart hat meines Erachtens die günstigsten Voraussetzungen, die kardialen Parameter unter gleichmäßigen Bedingungen zu messen und gleichzeitig elektrokardiographisch die Herzfunktion während des Trainings zu kontrollieren. Außerdem konnte das Training unabhängig von der Witterung jeweils zur gleichen Tageszeit durchgeführt werden. Das Training erfolgte zwischen 14.00 Uhr und 18.00 Uhr, weil in den Abendstunden der mittlere Trainingseffekt gegenüber dem in den Morgenstunden signifikant höher liegt (1) und außerdem diese Tageszeit gut mit dem zeitlichen Ablauf der physiotherapeutischen Maßnahmen vereinbar war. Trainingseffekt bedeutet definitionsgemäß eine Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit des Organismus durch Ökonomisierung der Funktionen (12).

Die Anforderungen durch das Training waren für die Probanden nicht so exzessiv, daß Sauerstoffmangelerscheinungen auftraten, sodaß

also aerobe Arbeit geleistet wurde (12, 25, 27, 30).

Erörterung der einzelnen Meßergebnisse

Trotz relativ geringer Trainingshäufigkeit und kurzer Trainingsdauer zeigt sich bei der Trainingsgruppe eine deutliche Leistungssteigerung.

1. Herzfrequenz

Für die Herzfrequenz bei Körperruhe ergab sich keine signifikante Änderung. Es muß bedacht werden, daß diese Meßgröße durch psychische Faktoren beeinflußt wird. Die Herzfrequenz sollte deshalb vor allem bei submaximaler Belastung als Kriterium zur Beurteilung von Trainingswirkungen auf die Herz-Kreislauf-Funktion herangezogen werden. Beim Training wird von allen Autoren übereinstimmend eine deutliche Abnahme der Herzfrequenz gefunden, was als ökonomischere Arbeitsweise des Kreislaufs gewertet wird (8, 13, 30, 31, 33, 34).
Für die Beurteilung von Differenzen bei den beiden untersuchten Gruppen konnten diese Befunde jedoch in den eigenen Untersuchungsreihen nicht verwertet werden. Es ergab sich lediglich bei beiden Gruppen ein leichtes Absinken der Herzfrequenz am zweiten Untersuchungstermin, aber kein statistisch zu sichernder Unterschied zwischen beiden Gruppen.

2. Blutdruck

Der systolische Blutdruck in Ruhe nahm nach der Trainingsperiode bei der Trainingsgruppe leicht ab.
Auch bei submaximaler, identischer Belastung mit 50 W/m^2 KO zeigte die ausdauertrainierte Gruppe eine signifikante Abnahme des Blutdruckwertes. Unser Ergebnis wird durch eine von Hollmann und Liesen durchgeführte Untersuchung bestätigt (13).
Die beiden Kollektive unterscheiden sich hinsichtlich der Ausgangswerte des Ruheblutdrucks. Allerdings hat dies mit dem Training nichts zu tun, sondern ist lediglich ein ungewollter Auswahleffekt. Obgleich eine zufällige Verteilung erfolgte, wurden der Kontrollgruppe offenbar mehr Probanden mit einem niedrigeren systolischen Blutdruck zugeteilt. Auf das Ergebnis der Signifikanzprüfung hat dies aber keinen Einfluß.

3. Sauerstoffaufnahme

Eine ähnliche unterschiedliche Ausgangssituation wie bei den Blutdruckwerten in Ruhe ergibt sich aus den Werten für die Sauerstoffaufnahme bei Körperruhe, die sich bei beiden Gruppen geringfügig erhöhte.
Bei submaximaler Belastung zeigte die Sauerstoffaufnahme keine gerichtete Änderung. Ähnliche Ergebnisse wurden schon 1960 durch Reindell u. Mitarb. (31) sowie Roskamm (33) mitgeteilt. Auch in einer neueren Untersuchung war nach einem Trainingsprogramm auf verschiede-

nen Belastungsstufen kein gerichteter Einfluß auf die Sauerstoffaufnahme nachzuweisen (7). Soweit im Schrifttum über eine Abnahme der Sauerstoffaufnahme für gleiche Belastungsintensitäten berichtet wird, betrifft dies Laufbanduntersuchungen nach Lauftraining (14). Diese Befunde sind nicht über Veränderungen des Wirkungsgrades, sondern lediglich durch Verbesserung der Koordination zu erklären (7).
Nach Hollmann (12) entspricht die maximale Sauerstoffaufnahme der maximalen aeroben Kapazität und ist somit ein Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit. Der maximale Sauerstoffpuls erlaubt eine Einschätzung von Ökonomie und Leistungsreserven des kardiozirkulatorischen Systems (12). Die signifikante Verbesserung dieser beiden Parameter sowie die signifikante Erhöhung ($p = 1\ \%$) der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme sind also im Sinne einer Leistungssteigerung von Herz-Kreislauf- und Atmungssystem bei der Trainingsgruppe zu verwerten. Ähnliche Befunde konnten zahlreiche andere Untersuchungen nachweisen (7, 8, 13, 23, 33).

4. Atemminutenvolumen

Für das Atemminutenvolumen wird in der Literatur eine signifikante Abnahme bei länger dauernder Belastung auf submaximalen Belastungsstufen angegeben (13, 33), da eine vegetative Gesamtumstimmung des Körpers in Richtung einer zunehmenden Vagotonie erfolgt (32). Bei den beschriebenen Messungen blieb dieser Parameter unverändert.

5. PWC 170

Die graphisch ermittelte Veränderung der PWC 170 ergab bei der Trainingsgruppe einen beachtlichen Zuwachs der Belastbarkeit von 26 Watt pro Proband am zweiten Untersuchungstermin. Dies bedeutet nach Darstellungen von Dransfeld und Mellerowicz (1957) eine Zunahme der Leistungsbreite des Kreislaufs (21).
Eine durch Holmgren (15) durchgeführte Untersuchung mit verschiedenen Sportarten wie Lauf- und Skitraining ergab nach dem Training eine signifikante Zunahme der PWC 170, wobei allerdings das geringe Untersuchungsgut definitive Schlußfolgerungen einschränkten.
Vergleicht man die theoretische Größe der PWC 170 mit der maximal erreichten Wattzahl der Probanden nach der Untersuchung (Tab. 5), so zeigt sich übereinstimmend bei der Trainingsgruppe nach den 18 Trainingseinheiten ein absoluter Zuwachs von 15 Watt (9,4 %) pro Proband mehrgeleisteter Tretarbeit, die Kontrollgruppe hingegen konnte keine Steigerung erzielen.

6. 1 O_2-Puls-Relation

Auch die 1 O_2-Puls-Relation erbrachte für eine definierte Pulsfrequenz von 170/min bei der Trainingsgruppe immerhin noch eine durchschnittliche Sauerstoffmehraufnahme von 0,22 l pro Proband, was eine Ver-

besserung der aeroben Kapazität bedeutet.

Die Abb. 6 und 7 heben die unterschiedlichen Verhaltensweisen von Blutdruck und Herzfrequenz auf den einzelnen Belastungsstufen bei beiden Gruppen hervor, wobei auch bei diesen Darstellungen die Tendenz einer trainingsbedingten Leistungsverbesserung sichtbar ist.

Nach Erörterung dieser Meßdaten und Befunde sollen einige persönliche Eindrücke dargestellt werden, die während bzw. am Ende jeder Untersuchung gewonnen wurden. Es handelt sich dabei z. B. um die Einschätzung der Mitarbeit der Probanden durch den Untersucher und um die durch die Patienten vorgenommene Selbsteinschätzung ihres Krankheitsgefühls. Diese Aspekte erscheinen auch deshalb von Bedeutung, weil meines Wissens noch keine systematischen Untersuchungen dieser Art, speziell an einem Kollektiv von Rheumapatienten, in der Literatur vorliegen (28).
Das Ergebnis der vom Untersucher bewerteten Mitarbeit der Patienten während der Untersuchung zeigt, daß bei der überwiegenden Mehrzahl der Patienten beider Kollektive eine höhe Bereitschaft zur Mitarbeit vorhanden war, wobei die Trainingsgruppe zahlenmäßig stärker eingestuft wurde (Tab. 10 und Abb. 9). Allerdings muß berücksichtigt werden, daß dieses Ergebnis beeinflußt sein kann durch eine positive Erwartungshaltung des Untersuchers gegenüber der Trainingsgruppe, die sich aus dem intensiveren Kontakt während der Trainingsperiode ergab und die Trainingsgruppe in der Einschätzung begünstigt ("Versuchsleitereffekt").
Trotz dieses selbstkritischen Einwandes, der eine objektive Beurteilung der Mitarbeit der Probanden während der Untersuchung einschränkt, ist die Feststellung gerechtfertigt, daß der größte Teil beider Kollektive eine intensive Mitarbeit zeigte.
Auf eine nähere Begründung für das zahlenmäßige Überwiegen der Trainingsgruppe muß verzichtet werden.

Ein interessanter Vergleich der beiden Kollektive bezüglich ihrer körperlichen Beschwerden ergibt sich aus der Selbsteinschätzungsskala (Tab. 10 und Abb. 10).
Der Befund, daß 81 % der Patienten der Trainingsgruppe eine Abnahme ihrer Beschwerden angab, während dieser Anteil bei der Kontrollgruppe nur 38 % betrug, deutet auf die Möglichkeit hin, daß ein körperliches Training solchen Patienten subjektiv eine Linderung ihrer Krankheit verschafft.
Es muß hier auf die Schwierigkeit hingewiesen werden, einen solchen Befund zu objektivieren. In der Psychologie lassen sich mit Hilfe spezieller Testmethoden Veränderungen psychischer Merkmale anhand von "Befindensskalen" sichtbar machen, wobei in der Literatur die Gültigkeit solcher Selbsteinstufungen sehr unterschiedlich beurteilt wird (9, 29). Die Beziehungen zwischen subjektiven und physiologischen Variablen sind bisher selten untersucht worden, worauf auch Janke (1969)

hinweist. Dies gilt insbesondere für sportpsychologische Untersuchungen (17). Auch zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie lagen nach Recherchen des Verfassers keine speziellen Untersuchungsergebnisse zu dieser Frage vor.
In einer neuen, umfangreichen amerikanischen Veröffentlichung (24) werden Arbeiten hierzu zwar beschrieben, es lassen sich jedoch für die vorliegende Untersuchung keine konkreten Ergebnisse daraus verwerten, da vorwiegend biochemische Parameter zu Persönlichkeitsmerkmalen in Beziehung gesetzt werden (16).
Eine andere Studie untersucht gleichfalls Zusammenhänge zwischen medizinischen und psychologischen Daten einschließlich Motivation zum Ausdauerlauf, aber auch hier sind derzeit noch keine konkreten Resultate mitgeteilt (37). Als einzige Vergleichsgrundlage verweise ich auf die Arbeit von Myrtek und Villinger (28), die diese Problematik kritisch durchleuchtet. Hier wird unter anderem der Zusammenhang zwischen gemessener körperlicher Leistungsfähigkeit einerseits sowie körperlichen Beschwerden und Persönlichkeitsmerkmalen andererseits untersucht. Dabei ergab sich keine positive Korrelation zwischen gemessener Leistungsfähigkeit und körperlichen Beschwerden. Dieser Sachverhalt stimmt jedoch mit eigenen Ergebnissen nicht überein. Da in der vorliegenden Arbeit in der Methodik auf die Zugrundelegung einer Befindensskala verzichtet und lediglich die Auswirkung des Trainings auf körperliche Beschwerden analysiert wurde, beschränkt sich der Verfasser auf die Diskussion dieses Befundes.
Auffällig erscheint der hohe Anteil der Patienten der Trainingsgruppe, der eine Abnahme der Beschwerden nach dem Training angab. Der entsprechende prozentuale Anteil bei der Kontrollgruppe lag dagegen wesentlich niedriger. Dieses Ergebnis muß ebenso unter kritischen Vorbehalten interpretiert werden. Es wäre denkbar, daß die Trainingsgruppe den Trainingsaufwand als gesundheitsfördernd rechtfertigt und sich daher eine Linderung der Beschwerden suggeriert. Die bessere Beziehung zwischen Untersucher und Trainingsgruppe könnte diese Haltung noch verstärken.
Auch hier darf ohne Beweisführung der vorläufige Schluß gezogen werden, daß ein Trainingsprogramm auch in psychologischer Hinsicht wertvoll ist und die Einstellung der Patienten zu ihrer Krankheit positiv beeinflußt.

Schlußfolgerung

Das durchgeführte Training bei den 21 Patienten zeigt eine eindeutige, quantitativ faßbare Leistungssteigerung des kardiopulmonalen Systems. Dies berechtigt zu der Annahme, daß auch der ältere Organismus in relativ kurzer Zeit und bei niedriger Trainingsintensität noch trainierbar ist, d.h. eine Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit zu erzielen ist. Im Schrifttum wurde dieser Sachverhalt mehrfach untersucht und bestätigt (4, 22, 32). Somit erhebt sich die berechtigte Forderung nach einem körperlichen Training als Prophylaxe von Herz- und Kreis-

lauferkrankungen.

Die Tatsache, daß die trainierten Probanden im Verlauf der Studie überwiegend positiv zum Trainingsprogramm eingestellt waren und auch immer wieder ihre gute körperliche Verfassung bekundeten, zeigt die günstige psychische Wirkung eines solchen Trainings im Sinne einer Wiederherstellung und Stabilisierung des Selbstbewußtseins. Obgleich diese Eindrücke lediglich eine qualitative Aussage ermöglichen, stellen sie nach Meinung des Verfassers einen wichtigen Faktor in der möglichen Beeinflussung der Krankheit dar. Nach bisher vorliegenden Meßdaten muß auf die exakte Beweisführung eines solchen Zusammenhangs verzichtet werden.

Bei der Vielgestaltigkeit der rheumatischen Erkrankungen ist eine umfassende Rehabilitation am ehesten im Rahmen eines längeren Heilverfahrens in einer entsprechenden Klinik zu verwirklichen. Neben den üblichen physiotherapeutischen Maßnahmen sollte ein regelmäßig durchgeführtes Ausdauertraining für sportlich einigermaßen taugliche Patienten einen festen Platz im Behandlungsprogramm einnehmen.
Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß für das Training, wie es durchgeführt wurde, höchstens eine Zeit von 4 bis 6 Wochen zur Verfügung stand. Dieser Zeitraum schränkt die Erwartungen hinsichtlich eines Langzeitergebnisses und damit einer konkreten Aussage über die Leistungskapazität etwas ein.
Das Training war mit dem Ablauf des rehabilitativen Behandlungsprogramms zeitlich gut zu vereinbaren. Auch konnten die Anforderungen durch das Training den Versuchspersonen nach unseren Erfahrungen ohne weiteres zugemutet werden, ohne daß eine Überanstrengung zu befürchten gewesen wäre.
Die Art und Durchführung des Trainingsprogramms bietet meiner Meinung nach ausreichende Bedingungen, auch innerhalb kurzer Zeit objektivierbare Ergebnisse sowie Tendenzen in der Entwicklung des Krankheitsprozesses aufzuzeigen. Eine endgültige Beurteilung der Leistungsverbesserung der Probanden anhand physiologischer Meßgrößen wurde allerdings wesentlich begrenzt durch die während der Untersuchung aufgetretenen Beschwerden im Bewegungsapparat, welche eine maximale Ausbelastung verhinderten.

Die Frage nach der geeigneten Trainingsart für die Durchführung eines Trainings bei älteren, kreislaufgesunden Menschen wird von zahlreichen Autoren aufgegriffen (2, 11, 36, 39). Dabei wird übereinstimmend das Dauerlaufen als die Trainingsform der Wahl herausgestellt. Die Vorteile dieser Bewegungsart liegen im geringen Aufwand, der technischen Einfachheit und der guten Dosierbarkeit der Belastung. Außerdem läßt sie sich überall leicht durchführen. Auch größere Muskelgruppen werden in rhythmisch-dynamischer Form beansprucht. Die Ausübung dieser Trainingsform setzt allerdings einen einigermaßen funktionsfähigen Bewegungsapparat voraus. Nach unseren Erfahrungen trifft dies bei einem

größeren Teil des vorliegenden Krankenguts zu. Nachteile dieser Sportart sind die fehlende kardiologische Überwachungsmöglichkeit und die Witterungsabhängigkeit. Daher bietet sich als Alternative das Radfahren auf Standfahrrädern in einer geschlossenen Halle nach Art des durchgeführten Trainingsprogramms an. Beim Dauerlauftraining sollte, um ein ausgeglichenes, freudvolles Klima zu schaffen, eine Zusammenfassung der Patienten in Gruppen gleicher Belastbarkeit erfolgen. Dies verursacht einen organisatorischen Mehraufwand, während dieser Umstand beim Ergometertraining keine wesentliche Rolle spielt. Hier kann die Belastung individuell und ohne Rücksichtnahme auf andere reguliert werden. Außerdem sollte man bei Vorliegen von ausgeprägteren Gelenkveränderungen der Beine dem Radfahren gegenüber dem Lauftraining den Vorzug geben. Ein entscheidender Nachteil dieser Trainingsform dürfte der erhebliche Kostenaufwand für die entsprechenden Vorrichtungen sein.

Eine weitere Trainingsart, das Schwimmen, hat zweifellos einen gesundheitlichen Nutzeffekt, wird aber häufig wegen mangelnder Voraussetzungen für ein Trainingsprogramm nicht in Frage kommen.

Nach Erörterung dieser Aspekte und unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile erweist sich für ein Trainingsprogramm im Rahmen des Heilverfahrens entweder ein Lauftraining, ein Fahrradergometertraining in der durchgeführten Form oder eventuell beides kombiniert als zweckmäßig. Eine sinnvolle Ergänzung dazu könnte die Ausübung leicht erlernbarer und ungefährlicher Spielarten wie z. B. Volleyball, Basketball oder Tischtennis darstellen. Unter besonderer Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Krankheit und unter Beachtung der Grundsätze der rehabilitativen Bewegungslehre (21, 25) sollten diese Sportarten in das übliche Behandlungsprogramm eingebaut werden. Auch im Sinne eines entspannten Klimas und zur Förderung des Selbstbewußtseins wäre die zusätzliche Durchführung solcher Spiele wünschenswert. Für den Träger der Klinik ist der erforderliche Aufwand gering und wirtschaftlich durchaus zu rechtfertigen.

Zusammenfassend ist meiner Meinung nach ein Trainingsprogramm sowohl vom ökonomischen Aufwand her als auch für die Gesundheit der Probanden zu befürworten.

In Anbetracht der zu erwartenden günstigen Beeinflussung des Krankheitsgeschehens sollten die Träger der Kliniken Überlegungen anstellen, ob ein Ausdauertraining nicht eine zukunftsträchtige Alternative zu den bisherigen Behandlungsmethoden der Rehabilitation darstellt und als präventive Maßnahme möglicherweise die Gesamtkosten im Gesundheitswesen reduzieren hilft. Eingehende Untersuchungen zu dieser Fragestellung, die somit gesellschaftspolitische Bedeutung erlangt, sind in naher Zukunft wünschenswert.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit der Frage, ob die Ausdauerleistungsfähigkeit von Patienten, die in der Klinik für Rheumatologie und Rehabilitation, Bad Buchau, ein mehrwöchiges Training durchführten, verbessert werden konnte. Es sollte untersucht werden, ob die während des Heilverfahrens verordnete Maßnahme, nämlich ein mehrwöchiges Ausdauertraining zur Verbesserung der aeroben Kapazität, Änderungen der Herz-Kreislauf-Funktion herbeiführte.

Im Rahmen eines Heilverfahrens wurden 21 männliche, kreislaufgesunde Patienten einem dreiwöchigen Trainingsprogramm auf Fahrradergometern unterzogen. Das Training wurde sechsmal wöchentlich durchgeführt. Die Herzfrequenz der Patienten lag während der Belastung stets zwischen 130 und 150/min.

Zur Messung der Anpassung an die körperliche Belastung wurden die Versuchspersonen vor und nach der Trainingsperiode spiroergometrisch untersucht und die Ergebnisse im statistischen Vergleich mit einer Kontrollgruppe von 18 Probanden überprüft. Außer den physiologischen Veränderungen wurden als psychologische Kriterien für den Therapieerfolg die Mitarbeit der Patienten während den Untersuchungen und die Selbsteinschätzung ihres Krankheitsgefühls nach der Abschlußuntersuchung bewertet.

An statistisch gesicherten Veränderungen ergab sich bei der Trainingsgruppe in Körperruhe eine Abnahme des systolischen Blutdrucks, die Ruheherzfrequenz und die Sauerstoffaufnahme zeigten keine gerichtete Änderung. Im submaximalen Bereich wurde ebenfalls eine deutliche Reduktion des Blutdrucks festgestellt, die Herzfrequenz und die Parameter für die Atmung blieben hingegen unverändert. Ausdruck einer beachtlichen Leistungssteigerung im maximalen Belastungsbereich sind die signifikante Erhöhung von maximaler Sauerstoffaufnahme, relativer maximaler Sauerstoffaufnahme, des maximalen Sauerstoffpulses sowie bei gleicher definierter Herzfrequenz eine Leistungszunahme um 26 Watt und eine Sauerstoffmehraufnahme von 0, 22 l pro Trainingsproband.

Die Intensität der Mitarbeit aller Versuchspersonen während der Untersuchung wurde vom Untersucher als überwiegend positiv eingeschätzt. Die Selbsteinschätzung des Krankheitsgefühls ergab bei 81 % der Trainingspatienten eine subjektive Besserung der Beschwerden nach der Trainingsperiode.

Als Schlußfolgerung werden die Möglichkeiten eines Ausdauertrainings als Mittel der Prävention und Rehabilitation im Rahmen eines Heilverfahrens aufgezeigt.

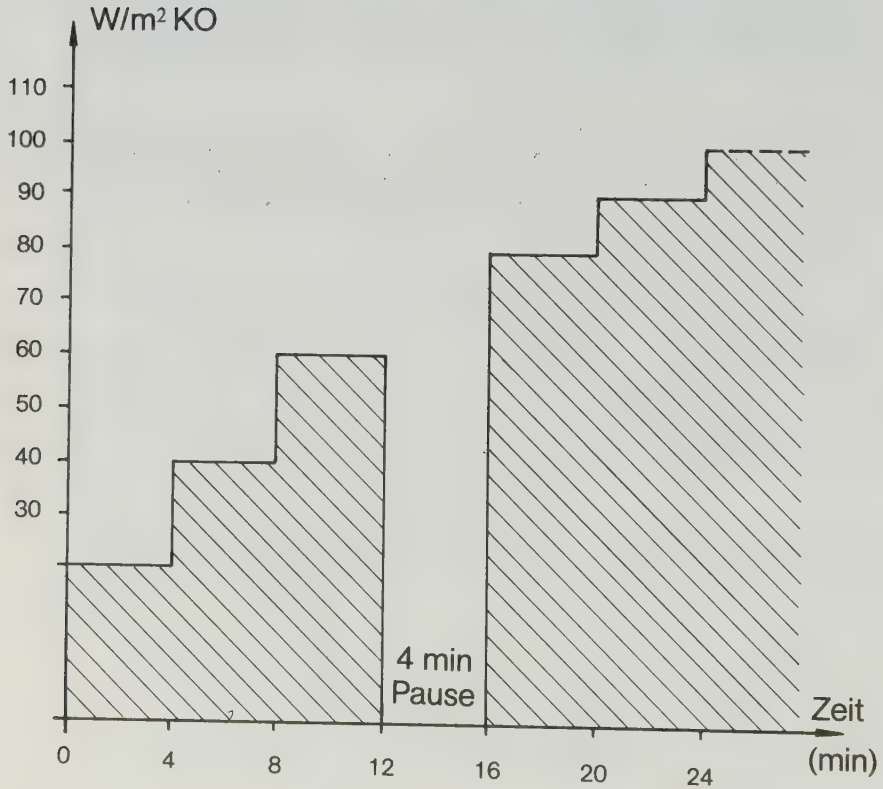

Abb. 1 Ablauf der ergometrischen Untersuchung bei 39 Versuchspersonen (W/m² KO = Watt pro m² Körperoberfläche)

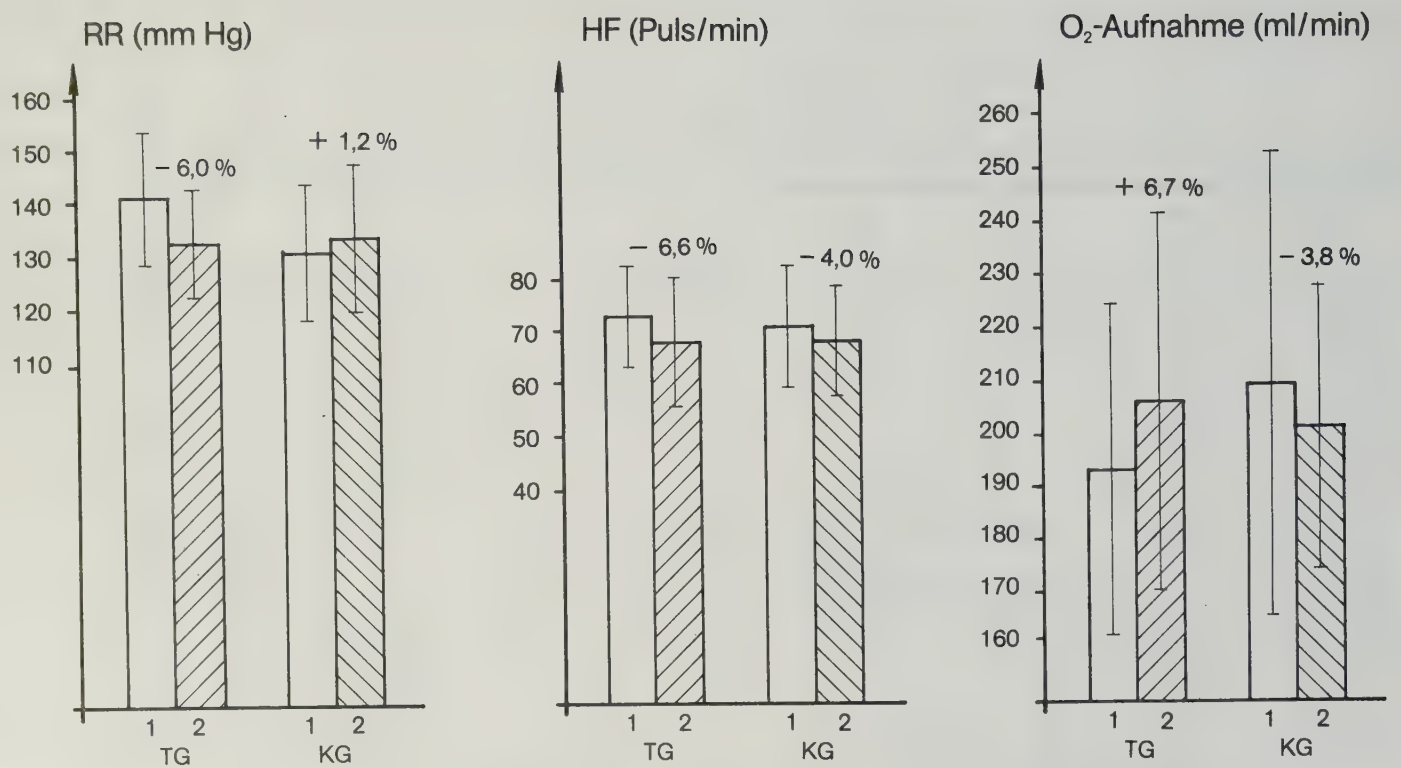

Abb. 2 Systolischer Blutdruck (Ruhe), Herzfrequenz (Ruhe) und Sauerstoffaufnahme (Ruhe) der Trainingsgruppe nach 18 Trainingseinheiten bzw. der Kontrollgruppe nach 3 – 4 Wochen Nichttraining (1 = erster Termin, 2 = zweiter Termin) TG = Trainingsgruppe, KG = Kontrollgruppe jeweils ± s

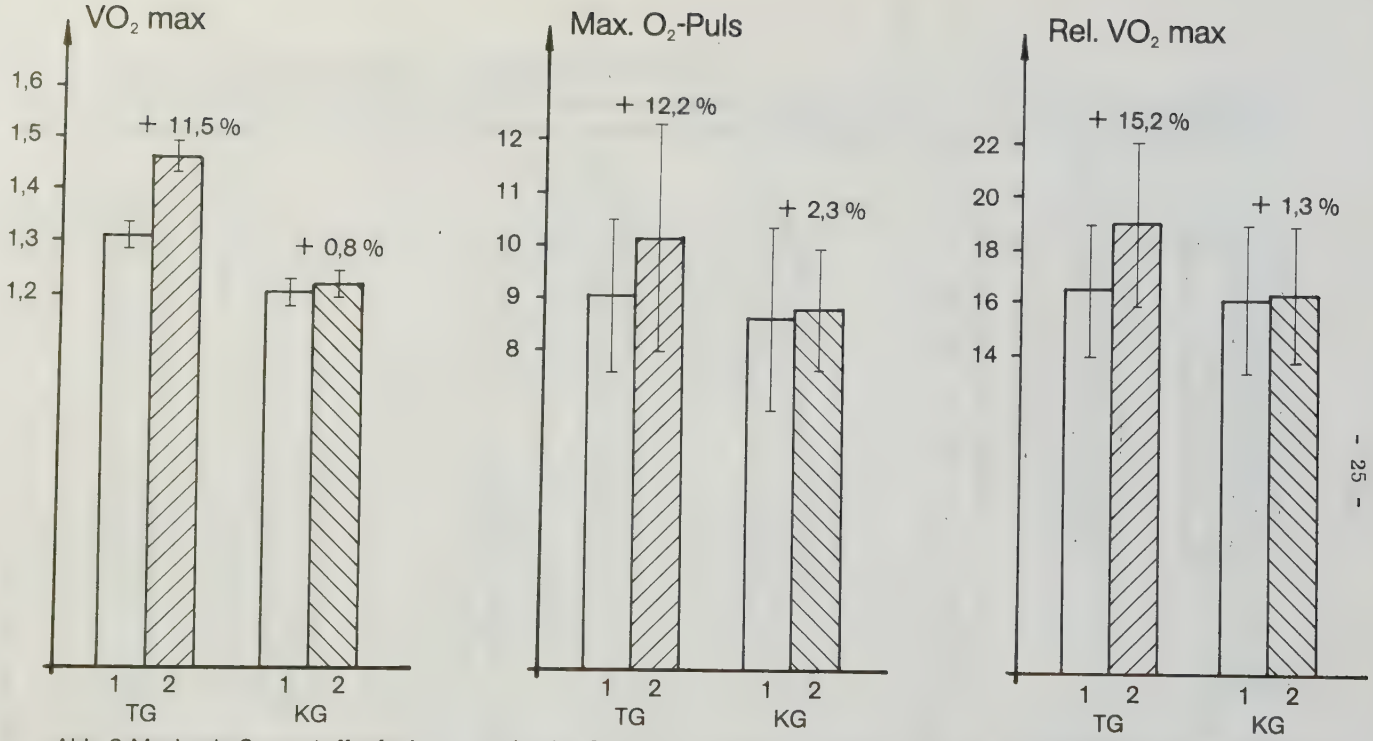

Abb. 3 Maximale Sauerstoffaufnahme, maximaler O_2-Puls und relative maximale Sauerstoffaufnahme der Trainingsgruppe nach 18 Trainingseinheiten bzw. der Kontrollgruppe nach 3 – 4 Wochen Nichttraining (1 = erster Termin, 2 = zweiter Termin) TG = Trainingsgruppe, KG = Kontrollgruppe jeweils ± s

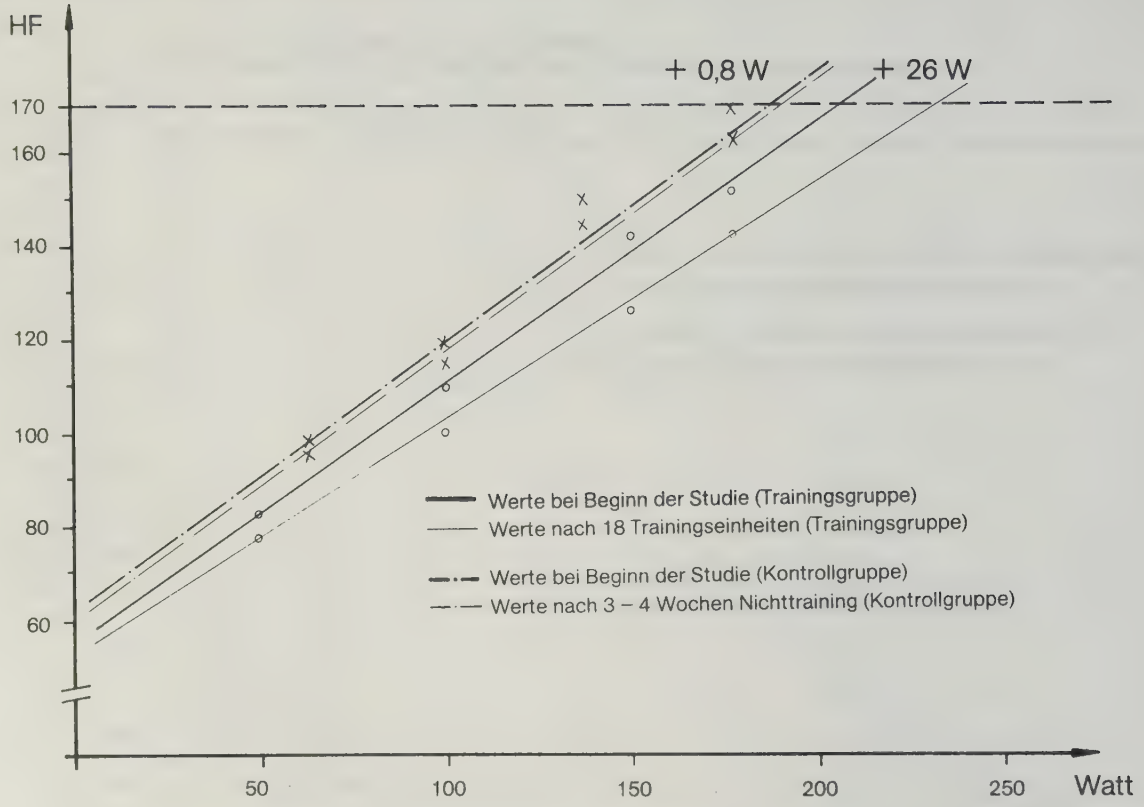

Abb. 4 Mittelwerte der Herzfrequenz-Watt-Relation von 21 Patienten (o = Trainingsgruppe) bzw. 18 Patienten (x = Kontrollgruppe)

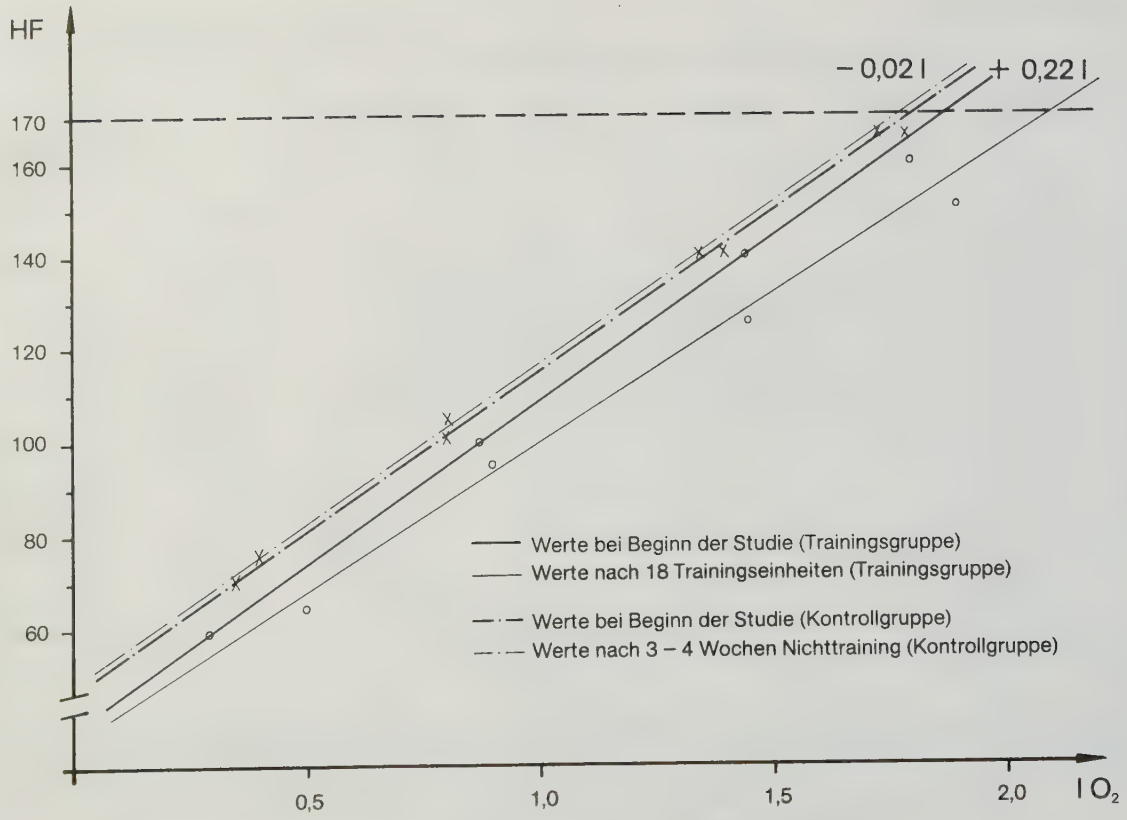

Abb. 5 Mittelwerte der l O_2-Puls-Relation von 21 Patienten (o = Trainingsgruppe) bzw. 18 Patienten (x = Kontrollgruppe)

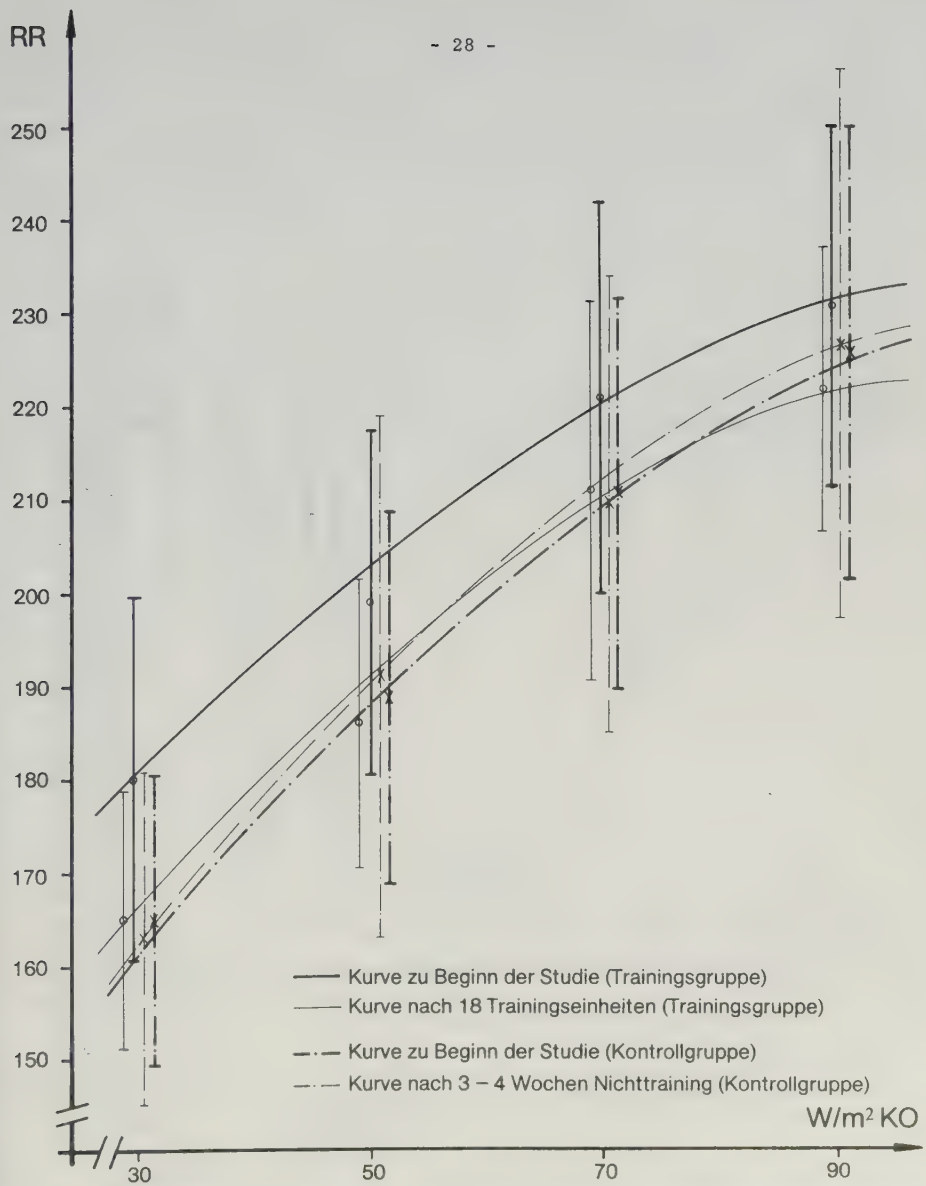

Abb. 6 Mittelwerte und Standardabweichung des systolischen Blutdrucks bei verschiedenen Belastungsstufen vor und nach 18 Trainingseinheiten (o = Trainingsgruppe) bzw. 3 – 4 Wochen Nichttraining (x = Kontrollgruppe).
Die Kurven sind zeichnerisch gewonnene Regressionskurven.

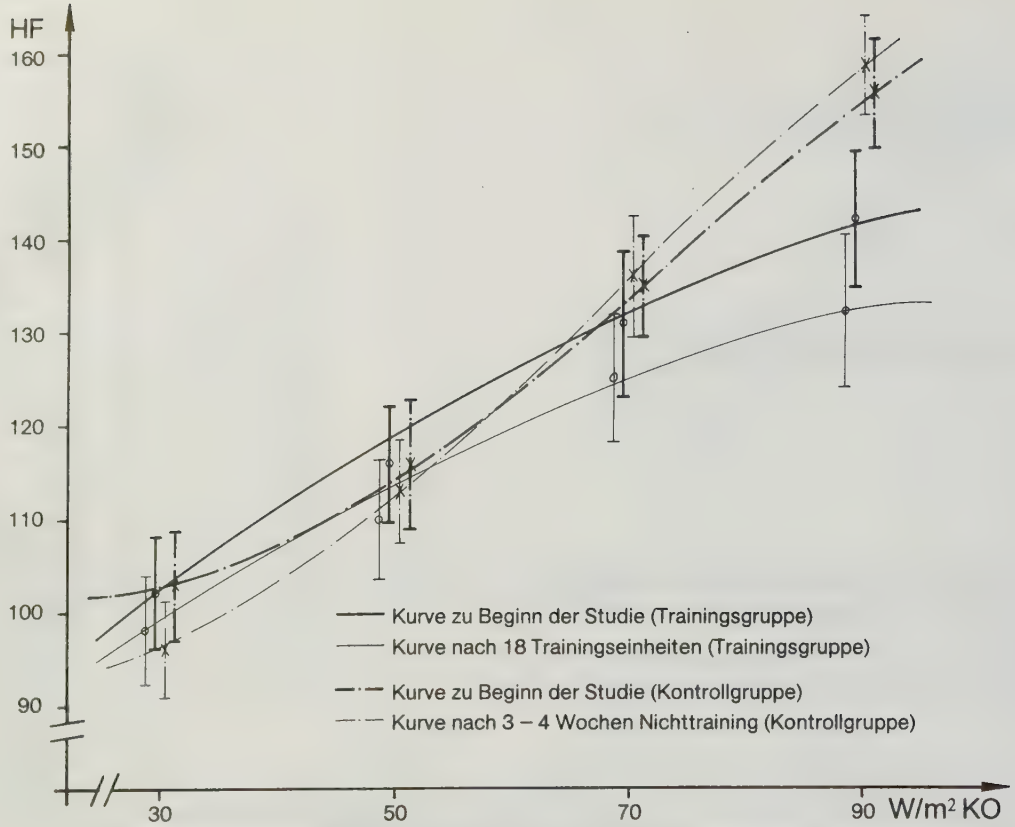

Abb. 7 Mittelwerte und Standardabweichung der Herzfrequenz bei verschiedenen Belastungsstufen vor und nach 18 Trainingseinheiten (o = Trainingsgruppe) bzw. 3 – 4 Wochen Nichttraining (x = Kontrollgruppe). Die Kurven sind zeichnerisch gewonnene Regressionskurven.

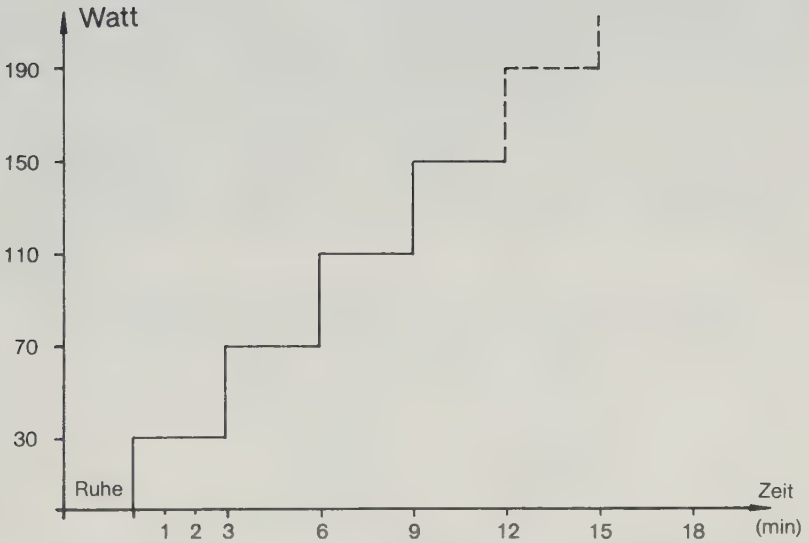

Abb. 8 Ergometrische Standardtestuntersuchung nach Hollmann und Venrath (1961)

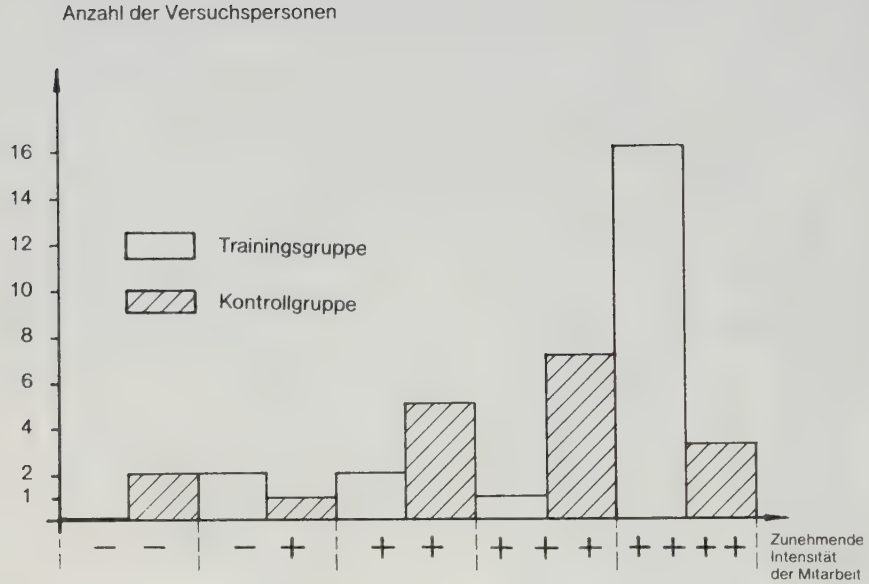

Abb. 9 Mitarbeit der Versuchspersonen unter Zusammenfassung der Bewertungskriterien für jeweils beide Untersuchungstermine.

Mitarbeit an beiden Terminen:

– jeweils unwillig	(– –)
– indifferent	(– +)
– jeweils willig	(+ +)
– willig und gut	(+ + +)
– jeweils sehr gut	(+ + + +)

(Herrn Prof. Dr. Kaminski, Tübingen, danke ich für die freundliche Beratung)

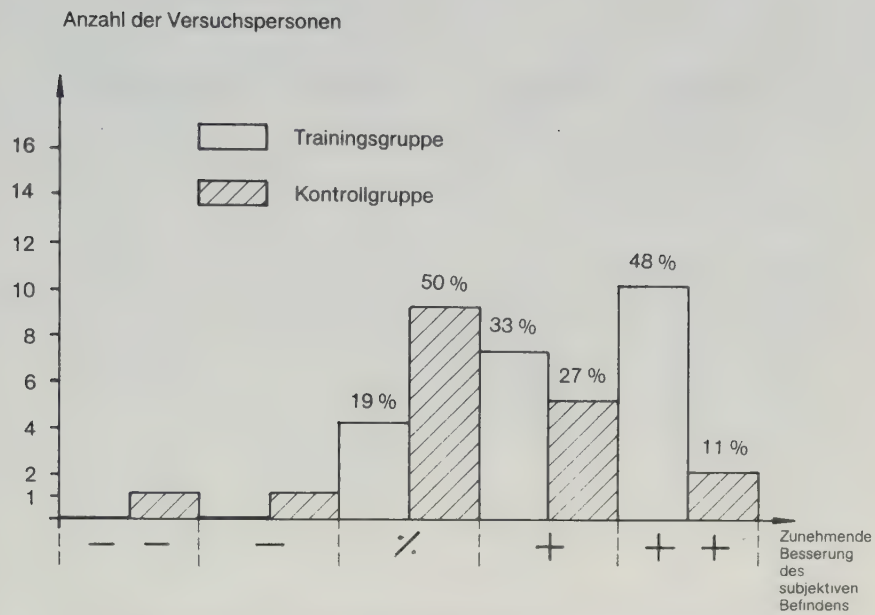

Abb. 10 Veränderung des subjektiven Befindens der Versuchspersonen seit der Erstuntersuchung (EU) mit folgender Selbsteinschätzungsskala:

Patient fühlt sich
- wesentlich schlechter (– –)
- wenig schlechter (–)
- gleich wie nach EU (/.)
- leicht gebessert (+)
- wesentlich gebessert (+ +)

Tab. 1

Versuchsperson	ALTER	GROESSE (cm)	GEWICHT (kg)
TRAININGSGRUPPE			
1 (H. A.)	47	172	79
2 (K. D.)	54	172	90
3 (W. K.)	41	179	95
4 (T. R.)	42	163	64
5 (J. S.)	44	171	83
6 (F. S.)	54	169	74
7 (P. J.)	43	172	74
8 (W. B.)	52	171	79
9 (E. D.)	55	175	75
10 (W. L.)	41	162	76
11 (P. W.)	49	165	72
12 (E. R.)	43	172	85
13 (K. S.)	58	161	73
14 (B. L.)	49	170	76
15 (C. S.)	48	171	69
16 (J. W.)	58	176	78
17 (N. P.)	52	176	94
18 (W. M.)	42	176	82
19 (K. G.)	56	173	83
20 (G. Z.)	52	169	74
21 (E. M.)	47	170	86
$\bar{X}$	49	170, 7	79, 0
S	5, 73	4, 76	7, 90
$S_{\bar{X}}$	1, 25	1, 04	1, 72

zu Tab. 1

Versuchsperson	ALTER	GROESSE (cm)	GEWICHT (kg)
KONTROLLGRUPPE			
22 (A.H.)	47	181	73
23 (A.R.)	55	173	95
24 (K.L.)	59	175	81
25 (G.T.)	51	176	80
26 (G.K.)	42	165	71
27 (S.F.)	41	180	63
28 (G.P.)	48	172	66
29 (E.S.)	57	172	84
30 (M.K.)	40	175	90
31 (H.F.)	45	161	67
32 (V.P.)	56	166	69
33 (W.L.)	42	174	73
34 (J.P.)	49	168	53
35 (J.D.)	48	183	93
36 (B.S.)	58	169	77
37 (J.S.)	44	173	79
38 (E.B.)	51	162	70
39 (A.A.)	41	176	81
$\overline{X}$	49	172,3	75,8
S	6,38	6,20	10,83
$S_{\overline{X}}$	1,50	1,46	2,55

Tab. 3 Untersuchungsergebnisse von Blutdruck, Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen in Ruhe.

TRAININGSGRUPPE

Proband	1. Termin				2. Termin			
	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)
H. A.	140	60	0, 19	6, 7	130	60	0, 30	8, 6
K. D.	150	85	0, 23	8, 3	140	65	0, 22	7, 9
T. R.	155	80	0, 20	9, 3	150	80	0, 22	8, 9
J. S.	135	50	0, 13	5, 1	125	45	0, 15	6, 7
E. D.	140	70	0, 21	9, 2	130	65	0, 22	9, 8
W. K.	130	70	0, 16	6, 9	115	60	0, 24	9, 7
F. S.	150	85	0, 21	10, 0	135	95	0, 18	8, 3
W. B.	160	75	0, 21	9, 2	135	80	0, 21	9, 2
P. J.	145	70	0, 19	7, 8	130	70	0, 21	7, 9
P. W.	125	80	0, 16	8, 3	135	60	0, 16	7, 0
E. R.	125	85	0, 17	8, 8	135	80	0, 24	9, 9
W. L.	160	65	0, 22	7, 8	160	65	0, 21	7, 9
K. S.	130	70	0, 14	6, 0	130	70	0, 17	6, 8
B. L.	145	80	0, 21	7, 5	140	70	0, 23	8, 2
C. S.	125	60	0, 22	10, 0	125	45	0, 21	8, 3
J. W.	160	70	0, 19	7, 5	130	65	0, 22	7, 8
K. G.	125	65	0, 18	9, 4	130	65	0, 20	8, 3
W. M.	125	65	0, 15	7, 4	120	55	0, 17	7, 0
N. P.	145	70	0, 24	11, 8	140	70	0, 15	7, 3
E. M.	145	85	0, 23	9, 9	120	80	0, 23	8, 7
G. Z.	145	80	0, 21	8, 3	130	70	0, 19	6, 3
$\bar{X}$	141, 0	72, 4	0, 193	8, 3	132, 6	67, 6	0, 206	8, 1

Tab. 3 (Fortsetzung) Untersuchungsergebnisse von Blutdruck, Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen in Ruhe.

KONTROLLGRUPPE

Proband	1. Termin				2. Termin			
	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)
A.H.	130	75	0,23	9,6	125	70	0,20	8,8
A.R.	160	95	0,18	6,8	135	80	0,21	10,9
K.L.	115	50	0,18	8,0	120	55	0,18	7,3
G.T.	135	65	0,27	10,0	130	60	0,25	9,8
G.K.	130	70	0,27	9,5	135	70	0,19	7,4
S.F.	115	85	0,14	7,5	115	75	0,19	10,2
G.P.	125	75	0,28	9,6	120	60	0,17	8,5
M.K.	140	60	0,24	11,0	145	65	0,24	7,7
E.S.	150	80	0,26	11,5	120	75	0,23	8,7
J.D.	140	70	0,20	8,5	155	80	0,19	9,4
H.F.	120	70	0,16	7,4	130	80	0,20	8,0
V.P.	140	65	0,19	8,6	145	70	0,24	9,5
W.L.	110	70	0,21	7,9	110	55	0,17	7,2
B.S.	125	55	0,19	7,5	120	50	0,17	6,7
J.P.	135	80	0,14	7,6	140	70	0,17	8,0
J.S.	120	60	0,22	9,6	145	60	0,22	9,0
E.B.	130	80	0,23	9,5	160	80	0,22	7,8
A.A.	125	60	0,18	7,7	125	55	0,18	7,6
$\bar{X}$	130,3	70,3	0,209	8,8	131,9	67,5	0,201	8,5

Tab. 4 Untersuchungsergebnisse von Blutdruck, Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen bei identischer Belastung (achte Minute, 50 W/m^2 KO) am Fahrradergometer im Liegen.

TRAININGSGRUPPE

Proband	1. Termin				2. Termin			
	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)
H. A.	220	120	0, 95	26, 5	185	105	0, 86	22, 6
K. D.	205	130	1, 08	32, 6	205	115	1, 00	30, 4
T. R.	225	125	0, 81	21, 9	210	120	0, 87	23, 5
J. S.	170	95	0, 82	24, 8	160	90	0, 87	26, 4
E. D.	200	120	0, 92	28, 6	195	110	0, 96	33, 0
W. K.	175	105	0, 85	22, 3	160	85	0, 95	25, 0
F. S.	195	125	0, 90	31, 1	190	125	0, 74	25, 4
W. B.	185	125	0, 93	37, 1	180	130	0, 99	38, 2
P. J.	185	110	0, 81	23, 9	175	100	0, 85	25, 9
P. W.	185	110	0, 76	27, 0	180	105	0, 84	26, 3
E. R.	175	125	0, 84	31, 1	180	120	1, 00	32, 4
W. L.	220	125	0, 73	23, 4	205	120	0, 91	26, 8
K. S.	210	110	0, 80	26, 6	190	110	0, 85	25, 0
B. L.	210	110	0, 85	25, 9	180	105	0, 93	25, 7
C. S.	190	95	0, 84	32, 5	190	85	0, 82	27, 4
J. W.	220	120	0, 86	28, 5	215	120	0, 91	27, 7
K. G.	190	100	0, 88	31, 6	200	105	0, 99	31, 9
W. M.	170	100	0, 86	24, 5	170	105	0, 92	25, 5
N. P.	230	140	1, 17	41, 9	190	125	0, 98	34, 9
E. M.	205	115	0, 93	34, 6	165	120	1, 03	33, 2
G. Z.	205	130	0, 92	27, 2	180	115	0, 84	24, 8
$\bar{X}$	198, 6	116, 0	0, 881	28, 7	186, 0	110, 2	0, 910	28, 2

Tab. 4 (Fortsetzung) Untersuchungsergebnisse von Blutdruck, Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Atemminutenvolumen bei identischer Belastung (achte Minute, 50 W/m^2 KO) am Fahrradergometer im Liegen.

KONTROLLGRUPPE

Proband	1. Termin				2. Termin			
	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)	RR syst. (mm Hg)	HF (Puls/min)	O_2-Aufn. (l/min)	AMV (l/min)
A. H.	180	120	0,85	29,6	170	115	0,97	34,6
A. R.	185	120	0,91	24,7	170	120	1,04	29,6
K. L.	210	90	1,00	38,4	235	95	0,99	41,2
G. T.	180	130	0,94	28,6	175	115	1,00	29,5
G. K.	200	120	0,91	23,9	185	115	0,78	20,0
S. F.	165	125	0,87	33,3	165	120	0,86	37,4
G. P.	185	120	0,87	27,1	190	100	0,82	28,3
M. K.	195	110	0,98	30,7	205	115	1,02	29,1
E. S.	215	125	1,01	38,9	200	125	1,07	39,8
J. D.	200	120	0,84	27,2	200	125	1,08	36,1
H. F.	165	120	0,66	26,3	175	125	0,84	28,8
V. P.	220	110	0,92	27,0	220	110	0,93	35,7
W. L.	150	110	0,79	31,7	140	100	0,86	29,5
B. S.	180	100	0,98	34,9	165	90	1,00	32,1
J. P.	200	150	0,73	40,5	210	125	0,74	37,0
J. S.	185	100	0,92	36,7	210	105	0,94	33,4
E. B.	220	125	0,94	28,4	250	125	0,94	27,5
A. A.	170	100	0,93	32,2	170	110	0,83	28,5
$\bar{X}$	189,2	116,4	0,892	31,1	190,8	113,1	0,928	32,1

Tab. 5 Untersuchungsergebnisse von maximaler Herzfrequenz, maximaler Sauerstoffaufnahme, relativer maximaler Sauerstoffaufnahme, maximalem O_2-Puls und maximal erreichter Wattstufe sowie prozentualer Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert der letzten Belastungsstufe auf den Wert der 4. Minute nach Belastung (ΔHF).

TRAININGSGRUPPE

Proband	1. Termin					
	Max. HF (Puls/min)	VO_2 max (l/min)	Rel. VO_2 max (ml/min/kp KG)	Max. O_2-Puls (ml/Puls)	Max. Watt	Δ HF (%)
H. A.	150	1,30	16,5	8,7	175	33
K. D.	150	1,29	14,3	8,6	137,5	30
T. R.	140	1,14	17,8	8,1	125	21
J. S.	150	1,81	21,8	12,1	225	47
E. D.	160	1,36	18,3	8,5	175	40
W. K.	160	1,87	19,7	11,7	212,5	28
F. S.	155	1,31	17,7	8,4	162,5	32
W. B.	150	1,19	15,1	7,9	137,5	30
P. J.	140	1,29	17,4	9,2	162,5	32
P. W.	140	1,05	14,6	7,5	162,5	39
E. R.	160	1,16	13,6	7,2	175	25
W. L.	150	1,03	13,5	6,9	125	33
K. S.	140	1,04	14,2	7,4	125	36
B. L.	135	1,44	18,9	10,7	162,5	33
C. S.	135	1,24	18,0	9,2	162,5	55
J. W.	130	1,07	13,7	8,2	137,5	35
K. G.	135	1,42	17,1	10,5	175	30
W. M.	130	1,30	15,9	10,0	175	39
N. P.	140	1,17	12,4	8,4	100	36
E. M.	150	1,47	17,1	9,8	175	30
G. Z.	155	1,46	19,7	9,4	162,5	26
$\bar{X}$	145	1,31	16,5	9,0	159,5	34

Tab. 5 (Fortsetzung) Untersuchungsergebnisse von maximaler Herzfrequenz, maximaler Sauerstoffaufnahme, relativer maximaler Sauerstoffaufnahme, maximalem O_2-Puls und maximal erreichter Wattstufe sowie prozentualer Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert der letzten Belastungsstufe auf den Wert der 4. Minute nach Belastung ($\triangle$HF).

TRAININGSGRUPPE

Proband	2. Termin					
	Max. HF (Puls/min)	VO_2 max (l/min)	Rel. VO_2 max (ml/min/kp KG)	Max. O_2-Puls (ml/Puls)	Max. Watt	$\triangle$HF (%)
H.A.	150	1,37	18,8	9,1	162,5	43
K.D.	160	1,45	17,1	9,1	175	44
T.R.	145	1,27	19,8	8,8	150	34
J.S.	130	2,35	29,2	18,1	225	50
E.D.	155	1,52	20,1	9,8	175	42
W.K.	160	2,02	21,7	12,6	212,5	31
F.S.	155	1,32	18,1	8,5	162,5	35
W.B.	150	1,27	16,5	8,5	137,5	30
P.J.	130	1,24	17,7	9,5	162,5	38
P.W.	130	1,32	18,3	10,2	175	46
E.R.	155	1,61	18,9	10,4	200	32
W.L.	155	1,42	19,3	9,2	162,5	39
K.S.	155	1,25	18,1	8,1	162,5	36
B.L.	135	1,48	20,0	11,0	187,5	41
C.S.	115	1,33	19,3	11,6	162,5	57
J.W.	140	1,18	14,9	8,4	137,5	39
K.G.	155	1,77	22,1	11,4	225	39
W.M.	135	1,46	18,5	10,8	175	41
N.P.	140	1,20	12,8	8,6	150	36
E.M.	150	1,48	18,4	9,9	175	33
G.Z.	145	1,35	18,8	9,3	187,5	38
$\overline{X}$	145	1,46	19,0	10,1	174,4	39

Tab. 5 (Fortsetzung) Untersuchungsergebnisse von maximaler Herzfrequenz, maximaler Sauerstoffaufnahme, relativer maximaler Sauerstoffaufnahme, maximalem O_2-Puls und maximal erreichter Wattstufe sowie prozentualer Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert der letzten Belastungsstufe auf den Wert der 4. Minute nach Belastung (ΔHF).

KONTROLLGRUPPE

Proband	1. Termin					
	Max. HF (Puls/min)	VO_2 max (l/min)	Rel. VO_2 max (ml/min/kp KG)	Max. O_2-Puls (ml/Puls)	Max. Watt	ΔHF (%)
A.H.	160	1,40	19,2	8,8	175	37
A.R.	140	1,09	11,5	7,8	150	14
K.L.	115	1,38	17,1	12,0	137,5	52
G.T.	165	1,59	19,9	9,6	175	36
G.K.	160	1,49	21,0	9,3	162,5	31
S.F.	140	1,13	17,9	8,1	125	29
G.P.	120	0,87	13,1	7,2	87,5	33
M.K.	160	1,66	18,4	10,4	175	47
E.S.	150	1,39	16,5	9,3	137,5	33
J.D.	155	1,26	13,5	8,1	200	32
H.F.	165	1,06	15,8	6,4	150	33
V.P.	115	0,97	14,1	8,4	125	39
W.L.	120	0,81	11,1	6,8	87,5	37
B.S.	135	1,34	17,4	9,9	175	48
J.P.	155	0,75	14,1	4,8	75	42
J.S.	120	1,21	15,3	10,1	137,5	29
E.B.	150	1,18	16,9	7,9	125	43
A.A.	120	1,26	15,6	10,5	137,5	33
$\overline{X}$	141	1,21	16,0	8,6	141,0	36

Tab. 5 (Fortsetzung) Untersuchungsergebnisse von maximaler Herzfrequenz, maximaler Sauerstoffaufnahme, relativer maximaler Sauerstoffaufnahme, maximalem O_2-Puls und maximal erreichter Wattstufe sowie prozentualer Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert der letzten Belastungsstufe auf den Wert der 4. Minute nach Belastung (ΔHF).

KONTROLLGRUPPE

Proband	2. Termin					
	Max. HF (Puls/min)	VO_2 max (l/min)	Rel. VO_2 max (ml/min/kp KG)	Max. O_2-Puls (ml/Puls)	Max. Watt	ΔHF (%)
A.H.	175	1,59	21,5	9,1	175	34
A.R.	150	1,29	14,7	8,6	137,5	30
K.L.	120	1,22	15,4	10,2	137,5	50
G.T.	160	1,50	18,8	9,4	175	44
G.K.	155	1,29	18,2	8,3	162,5	32
S.F.	135	0,99	15,7	7,3	125	30
G.P.	100	0,82	12,5	8,2	87,5	30
M.K.	160	1,70	19,5	10,6	200	47
E.S.	155	1,36	17,0	8,8	137,5	35
J.D.	140	1,26	14,2	9,0	150	25
H.F.	145	1,11	16,6	7,7	125	24
V.P.	110	0,93	13,3	8,5	87,5	32
W.L.	110	1,11	15,2	10,1	125	41
B.S.	145	1,47	19,1	10,1	175	52
J.P.	125	0,74	13,2	5,9	87,5	32
J.S.	145	1,39	18,0	9,6	175	31
E.B.	140	1,17	16,5	8,4	125	43
A.A.	110	1,00	12,5	9,1	137,5	41
$\overline{X}$	139	1,22	16,2	8,8	140,3	36

Tab. 6 Mittelwerte ($\overline{X}$), Standardabweichung (S) und mittlerer Fehler des Mittelwertes ($S_{\overline{X}}$) für die Parameter von Kreislauf und Atmung in Ruhe am Fahrradergometer im Liegen.

Variable	1. Termin						2. Termin					
	Trainingsgruppe			Kontrollgruppe			Trainingsgruppe			Kontrollgruppe		
	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$
Syst. Blutdruck (mm Hg) $p \leq 2$ %	141,0	12,41	2,71	130,3	12,78	3,01	132,6	10,08	2,20	131,9	14,05	3,31
Herzfrequenz (Puls/min) $p \leq 5$ %	72,4	9,71	2,12	70,3	11,31	2,67	67,6	12,11	2,64	67,5	10,20	2,40
AMV (l/min)	8,3	1,54	0,34	8,8	1,33	0,31	8,1	1,04	0,23	8,5	1,15	0,27
O_2-Aufnahme (ml/min)	193,0	31,17	6,80	209,0	43,59	10,27	206,0	35,42	7,73	201,0	26,76	6,31

Tab. 7 Mittelwerte ($\overline{X}$), Standardabweichung (S) und mittlerer Fehler des Mittelwertes ($S_{\overline{X}}$) für die Parameter von Kreislauf und Atmung bei identischer Belastung (achte Minute, 50 W/m^2 KO) am Fahrradergometer im Liegen.

Variable	1. Termin						2. Termin					
	Trainingsgruppe			Kontrollgruppe			Trainingsgruppe			Kontrollgruppe		
	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$
Syst. Blutdruck (mm Hg) $p \leq 2\ \%$	198,6	18,59	4,06	189,2	19,95	4,70	186,0	15,54	3,39	190,8	27,83	6,56
Herzfrequenz (Puls/min) $p \leq 5\ \%$	116,0	12,41	2,71	116,4	13,81	3,26	110,2	12,80	2,79	113,1	11,13	2,62
AMV (l/min)	28,7			31,1			28,2			32,1		
O_2-Aufnahme (ml/min)	881,0	100,02	21,83	892,0	92,43	21,79	910,0	75,03	16,37	928,0	101,76	23,99

Tab. 8 Mittelwerte ($\overline{X}$), Standardabweichung (S) und mittlerer Fehler des Mittelwertes ($S_{\overline{X}}$) für die maximale Sauerstoffaufnahme, den maximalen Sauerstoffpuls und die relative maximale Sauerstoffaufnahme, sowie den mittleren prozentualen Abfall der Herzfrequenz vom maximalen Wert auf den Wert der 4. Ruheminute.

Variable	1. Termin						2. Termin					
	Trainingsgruppe			Kontrollgruppe			Trainingsgruppe			Kontrollgruppe		
	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$	$\overline{X}$	S	$S_{\overline{X}}$
Max. O_2-Aufn. (l/min) $p \leq 1$ %	1, 31	0, 22	0, 05	1, 21	0, 26	0, 06	1, 46	0, 28	0, 06	1, 22	0, 26	0, 06
Max. O_2-Puls (ml/Puls) $p \leq 5$ %	9, 0	1, 42	0, 31	8, 6	1, 72	0, 41	10, 1	2, 18	0, 48	8, 8	1, 15	0, 27
Rel. VO_2 max (ml/min/kp KG) $p \leq 1$ %	16, 5	2, 48	0, 54	16, 0	2, 77	0, 65	19, 0	3, 11	0, 68	16, 2	2, 60	0, 61
$\triangle$ HF (%)	34			36			39			36		

Tab. 9 Mittelwerte und Standardabweichung von systolischem Blutdruck und Herzfrequenz bei verschiedenen Belastungsstufen für die Trainings- und Kontrollgruppe.

Trainings-gruppe	30 W/m² KO		50 W/m² KO		70 W/m² KO		90 W/m² KO	
	1. Termin	2. Termin	1. Termin	2. Termin	1. Termin	2. Termin	1. Termin	2. Termin
$\bar{X}$RR	180	165	199	186	221	211	231	222
S	19,5	13,8	18,6	15,5	21,0	20,2	19,3	15,2
$\bar{X}$HF	102	98	116	110	131	125	142	134
S	12,0	11,6	12,4	12,8	15,3	13,8	14,8	16,5
Kontroll-gruppe								
$\bar{X}$RR	165	163	189	191	211	210	226	227
S	15,6	17,8	19,8	27,8	21,0	24,4	24,3	29,3
$\bar{X}$HF	103	96	116	113	135	136	156	159
S	11,7	10,1	13,8	11,0	11,0	13,0	11,9	10,8

Tab. 10

Mitarbeit der Probanden, die anhand der Kriterien sehr gut (++), willig (+), unwillig (-) bewertet wurde, sowie subjektives Befinden der Patienten nach der Abschlußuntersuchung mit der folgenden Selbsteinschätzungsskala:

Patient fühlt sich
- wesentlich gebessert (++)
- leicht gebessert (+)
- gleich wie nach der Erstuntersuchung (./.)
- wenig schlechter (-)
- wesentlich schlechter (--)

Proband	Mitarbeit		Veränderung des subjektiven Befindens seit der Erstuntersuchung
	1. Termin	2. Termin	
1	++	++	++
2	++	++	+
3	++	++	+
4	++	++	++
5	++	++	++
6	++	++	+
7	++	++	+
8	+	+	++
9	++	++	++
10	++	++	++
11	+	-	./.
12	++	++	++
13	++	++	++
14	++	++	++
15	++	+	./.
16	+	+	./.
17	-	+	+
18	++	++	+
19	++	++	++
20	++	++	./.
21	++	++	+

zu Tab. 10

Proband	Mitarbeit		Veränderung des subjektiven Befindens seit der Erstuntersuchung
	1. Termin	2. Termin	
22	+	++	./.
23	-	+	++
24	++	+	-
25	+	+	./.
26	+	++	+
27	+	+	./.
28	+	+	+
29	++	+	./.
30	++	++	+
31	++	+	./.
32	+	+	./.
33	+	+	+
34	-	-	+
35	++	+	--
36	+	++	./.
37	++	++	++
38	++	++	./.
39	-	-	./.

Literatur

1. Baier, H.: Tagesrhythmische Variationen der Kreislaufregulation und Thermoregulation und der Trainierbarkeit. L. R. Grote - Institut, 5920 Bad Berleburg.

2. Blödorn, M., P. Schmidt: Trablaufen. Rowohlt Taschenbuch, Reinbek bei Hamburg 1977

3. Borg, Gunnar, Hans Dahlström: The reliability and validity of a physical work test
Acta physiol. scand. 55 353-361 (1962)

4. Bouchard, C., W. Hollmann, H. Venrath, G. Herkenrath, H. Schlüssel: Minimalbelastungen zur Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen.
Sportarzt und Sportmedizin 7, 348 - 357 (1966)

5. Brügmann, E.: Sport für ältere Menschen. Goldmann, München 1974

6. Burmeister, W. und A. Bingert: Die Körperoberflächenformel nach Du Bois und Du Bois als Repräsentant der Körperzellmasse bei Männern im Alter zwischen 21 und 51 Jahren.
Klin. Wschr. 44, 901 - 902 (1966)

7. Dreisbach, W., R. Rost, D. Böning, W. Hollmann, H. Liesen, H. Philippi, H. Feldermann: Untersuchungen zur Frage einer trainingsbedingten Verbesserung der Sauerstoffutilisation im Skelettmuskel des Menschen.
Dt. Zschr. für Sportmedizin 12, 377 - 384 (1979)

8. Ekblom, B., P.-O. Astrand, B. Saltin, J. Sternberg, B. Wallström: Effect of training on circulatory response to exercise.
J. appl. Physiol. 24, 518 - 528 (1968)

9. Fahrenberg, J., P. Walschburger, F. Foerster, M. Myrtek, W. Müller: Psychophysiologische Aktivierungsforschung.
Minerva Publikation München 1979

10. Heiss, H. W.: Bewegungstherapie bei Herz- und Gefäßkrankheiten.
Witzstrock, Baden-Baden - Köln - New York 1979

11. Hollmann, W.: Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung. Steinkopff, Darmstadt 1959

12. Hollmann, W., Th. Hettinger: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen.
Schattauer, Stuttgart - New York 1976

13. Hollmann, W., H. Liesen: Über den Trainingseinfluß auf kardiopulmonale und metabolische Parameter des älteren Menschen.
Sportarzt und Sportmedizin 7/8, 145 (1973)

14. Hollmann, W., H. Liesen: Der Trainingseinfluß auf die Leistungsfähigkeit von Herz, Kreislauf und Stoffwechsel im Alter.
Münch. med. W. Schr. 31, 1336 (1972)

15. Holmgren, A., S. Moossfeldt, T. Sjöstrand, G. Ström:
Effect of training on work capacity, total hemoglobin, blood volume, heart volume and pulse rate in recumbent and upright positions.
Acta physiol. scand. 50, 72-83 (1960)

16. Ismail, A. H., R. J. Young: Effect of chronic exercise on the personality of adults. Department of Physical Education for Men. Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907

17. Janke, W.: Methoden der Induktion von Aktiviertheit. In:
Schönpflug, 1969 (a) 29 - 93

18. Kaltenbach, M. und G. Kobler: Relation der körperlichen Leistungsfähigkeit zu Körpergewicht und -oberfläche.
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 70, 183, München (1964)

19. Kannel, W. B., L. K. Widmer, T. R. Dawber:
"Gefährdung durch koronare Herzkrankheit"
Schweiz. med. W. Schr. 95, 18-24 (1965)

20. Kannel, W. B., T. R. Dawber, A. Kagan, N. Revotskie, J. Stokes: "Factors of risk in the development of coronary heart disease-six year follow-up
Ann. Int. Med. 55, 33-50 (1961)

21. Letzelter, M.: Trainingsgrundlagen. Rowohlt Taschenbuch, Reinbek bei Hamburg 1978

22. Liesen, H., W. Hollmann, R. Rost: Körperliches Training in der Rehabilitation. Aus dem Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin der Deutschen Sporthochschule Köln 1975

23. Liesen, H., E. Heikkinen, H. Suominen, D. Michel:
Zur wissenschaftlichen Begründung körperlichen Trainings als Mittel der Prävention und Rehabilitation bei älteren Menschen. Der Effekt eines zwölfwöchigen Ausdauertrainings auf die Leistungsfähigkeit und den Muskelstoffwechsel bei untrainierten Männern des 6. und 7.

Lebensjahrzehnts.
Sportarzt und Sportmedizin 2, 26 - 30 (1975)

24. Marathon: Physiological, Medical, Epidemiological and Psychological studies. Annals of the N. Y. Academy of Sciences, V. 301, 1977

25. Martin, D.: Grundlagen der Trainingslehre. Hofmann, Schorndorf 1977

26. Mellerowicz, H.: Ergometrie, 3. Aufl. Urban und Schwarzenberg, München - Wien - Baltimore 1979

27. Mellerowicz, H., W. Meller: Training. Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1975

28. Myrtek, M., U. Villinger: Psychologische und physiologische Wirkungen eines Ergometertrainings. Med. Klin. 71, 1623 - 1630 (1976)

29. Nitsch, J. R., Udris I.: Beanspruchung im Sport. Beiträge zur psychologischen Analyse sportlicher Leistungssituation. 1. Aufl. Limpert, Bad Homburg 1976

30. Nöcker, J.: Physiologie der Leibesübungen. 3. Aufl. Enke, Stuttgart 1976

31. Reindell, H., H. Klepzig, H. Steim, K. Musshoff, H. Roskamm, E. Schildge: Herz, Kreislaufkrankheiten und Sport. Barth, München 1960

32. Roskamm, H., H. Reindell, K. König: Körperliche Aktivität und Herz- und Kreislauferkrankungen. Barth, München 1966

33. Roskamm, H., G. Schultze-Werninghaus, F. Landry, L. Samek, P. Harnasch, H. Reindell: Die Sauerstoffaufnahmekapazität im Verlauf eines vierwöchigen körperlichen Trainings.
Int. Z. angew. Physiol. 28, 197-208 (1970)

34. Rost, R., W. Dreisbach: Zur wissenschaftlichen Begründung körperlichen Trainings als Mittel der Prävention und Rehabilitation bei älteren Menschen. Veränderungen im Bereich der zentralen Hämodynamik durch körperliches Training.
Sportarzt und Sportmedizin 2, 32-35 (1975)

35. Sachs, L.: Angewandte Statistik. 4. Aufl. Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1974

36. Schmidt, J.: Höheres Alter und Sport. In: Zentrale Themen der Sportmedizin, von W. Hollmann (Hrsg.) Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1972 (188 - 198)

37. Sport und Gesundheit, 2. Sportmedizinisches Seminar "Ausdauer" Veranstalter Württ. Landessportbund e. V. (1978)

38. Wahlund, H.: Determination of the physical working capacity Acta med. scand. 132, suppl. 215 (1948)

39. Wöllzenmüller, F., Grünewald, B.: Ausdauertraining. Mosaik, München 1980

LEBENSLAUF

Am 12. August 1953 wurde ich, Ernst Beilharz, als Sohn des Karl Beilharz und seiner Ehefrau Lydia geb. Züfle in 7292 Baiersbronn, Alte Reichenbacherstraße 23, geboren.

1960 – 1964	Grundschule Baiersbronn
1964 – 1969	Progymnasium Baiersbronn
1969 – 1972	Kepler-Gymnasium Freudenstadt mit dem Abschluß der Reifeprüfung
1972 – 1973	Bundeswehr
1973 – 1979	Studium der Medizin an der Universität Tübingen mit dem Abschluß des letzten Teils des Staatsexamens am 29. Oktober 1979
Juni 1980 – Mai 1981	Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung des Krankenhauses Oberstdorf